

ĐLVN 288 : 2016

SAO Y BẢN CHÍNH

**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.

Á**Q y rì ệ*****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 ki u ch thị s và tương tự c phạm vi đo đến 500 MPa, đ ch nh ác nh hơn 1 % dùng đ ki m định áp kế, huyết áp kế.

2 Giải thích từ ngữ

Các từ ngữ trong văn bản này được hi u như sau:

2.1 p kế chuẩn ki u ch thị s là chuẩn sử dụng đ đo áp suất c màn hi n thị hoặc đầu ra c dạng t n hiệu s kết n i với các dụng cụ ch thị khác bên ngoài (VD: máy t nh, màn hình điều khi n...).

2.2 p kế chuẩn ki u ch thị tương tự là chuẩn sử dụng đ đo áp suất c s ch là hàm liên tục của giá trị tương ứng của đại lượng đo hoặc t n hiệu đầu vào.

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

2.4 Đi m m c cơ sở (Reference level): Đi m do nhà sản uất quy ước đ ác định vị tr m c áp suất trên thiết bị.

2.5 UUT (Unit Under Test): Áp kế chuẩn ki u ch thị s và tương tự cần hiệu chuẩn.

2.6 ĐKĐBĐ: Đ 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	Ki m tra bên ngoài	7.1
2	Ki m tra kỹ thuật	7.2
3	Ki m 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

	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 m t trong các chuẩn sau)		
1.1	p kế chuẩn ki u p ttông	- Trường hợp UUT c đ ch nh xác $\leq 0,02$ % thì ĐKĐBĐ của giá trị áp suất chuẩn < 1 3 sai s cho phép của UUT.	6.1; 7.3
1.2	p kế chuẩn ki u chất l ng	- Trường hợp UUT c đ ch nh ác > 0,02 % thì ĐKĐBĐ của giá trị áp suất chuẩn < 1 4 sai s cho phép của UUT.	6.1; 7.3
1.3	p kế chuẩn ki u ch thị s	ĐKĐBĐ của giá trị áp suất < 1 4 sai s cho phép của UUT.	6.1; 7.3
1.4	p kế chuẩn ki u ch 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. - Đ ch nh ác: 5 %.	6.2; 7.3
2.2	Nhiệt kế	- Phạm vi đo: (18 ÷ 28) °C. - Sai s cho phép: $\pm 0,2$ °C.	5; 7.3
2.3	m kế	- Phạm vi đo: (20 ÷ 90) %RH. - Sai s cho phép: ± 10 %RH.	5; 7.3
2.4	Phương tiện đo áp suất kh quy n	- Phạm vi đo: (950 ÷ 1050) hPa abs. - Sai s cho phép: $\pm 0,3$ hPa.	6.2; 7.3
2.5	Thước đo	- Phạm vi đo (0 ÷ 350) mm. - Sai s cho phép: ± 1 mm.	6.1; 7.3
2.6	Ni vô	Sai s cho phép: $\pm 2'$.	6.1; 7.3
2.7	Đồng hồ bấm giây	Sai s cho phép: $\pm 0,1$ s.	7.3
2.8	Nhiệt kế đo nhiệt đ của pít tông/xylanh của áp kế pít tông chuẩn	- iới hạn đo trên đến 35 °C. - Sai s cho phép: $\pm 0,2$ °C.	7.3
3	Phương tiện phụ		
3.1	ng d n và đầu n i phù hợp	Chịu được áp suất lớn hơn giới hạn đo trên của UUT.	6.1

	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 kiểm soát, 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 kiểm soát, 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 C, DC phù hợp với điện áp làm việc và công suất của UUT.	7.3
3.6	Van điều áp	C chức năng điều chỉnh áp suất tối thiểu bằng giới hạn đo của UUT.	6.2
3.7	Bình phân ly	Kiểm soát 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:

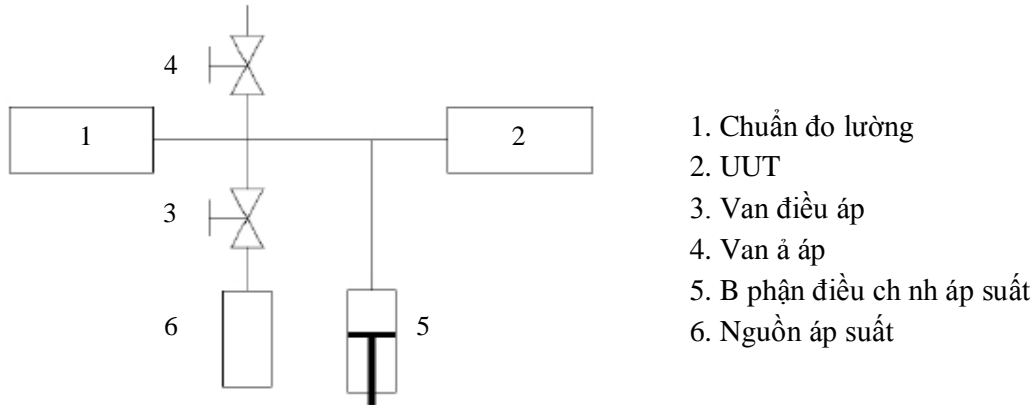
- Nhiệt độ hiệu chuẩn (18 ÷ 28) °C, nhiệt độ không được thay đổi quá 2 °C/h;
- Độ ẩm ≤ 80 % RH;
- Phòng hiệu chuẩn phải thoáng khí, không có bụi, các chất ăn mòn, không bị nhiễu từ môi trường và không có rung động;
- Kiểm soát cửa ra vào và các thao tác chuyên ngành, giữ cho áp suất không khí ổn định 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:

6.3 Sơ đồ lắp đặt

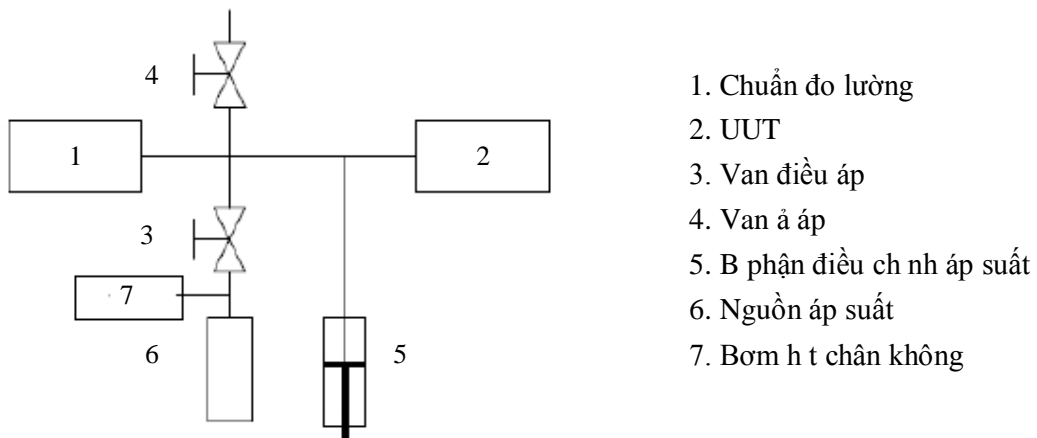
6.3.1 Đối với trường hợp đo áp suất dư, môi trường truyền áp suất là khí, sơ đồ lắp đặt như hình 1:



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:



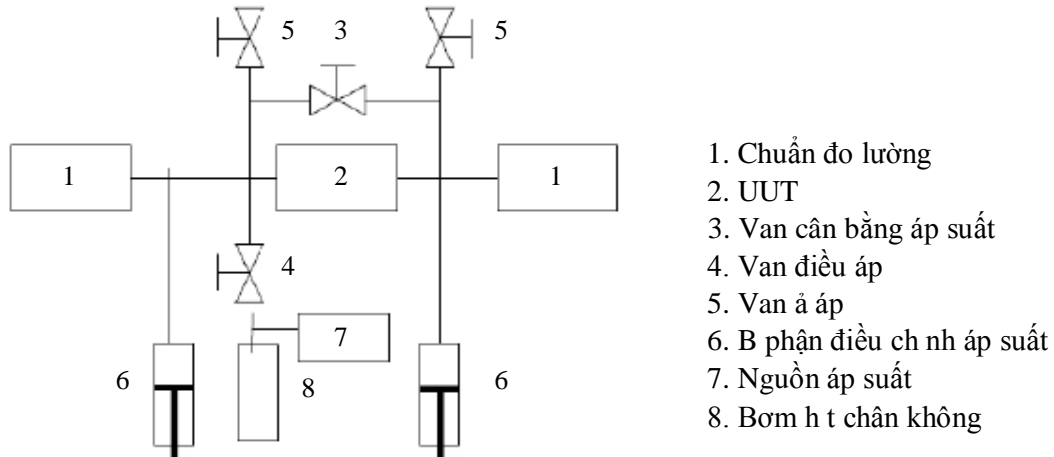
Hình 2. Sơ đồ lắp đặt đối với trường hợp đo áp suất tuyệt đối, môi trường truyền áp suất là khí

- Cần 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 kh quy n đ tham chiếu. Khi đ giá trị của áp suất tuyệt đ i đo được bằng tổng của giá trị áp suất dư và giá trị áp suất kh quy n.

6.3.3 Đ i với trường hợp đo áp suất chênh áp, môi trường truyền áp suất là kh , 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 b phận điều ch nh đ tạo áp suất đến giá trị áp suất nền. Trong thời gian đ các van cân bằng áp suất phải được mở.
- Đ ng van cân bằng áp suất. p suất chênh áp cần đo được tạo bằng m t b phận điều ch nh áp suất.
- C th sử dụng hai chuẩn đo lường đo áp suất dư hoặc các loại chuẩn đo lường đo áp suất chênh áp đ tiến hành hiệu chuẩn.
- Sử dụng m t bơm h t chân không lắp đặt ph a trước van điều áp đ tạo các đi m áp suất nền nh hơn áp suất kh quy n.

6.3.4 Đ i với môi trường truyền áp suất là chất l ng.

- Cách thức lắp đặt về cơ bản gi ng như đ i với trường hợp môi trường truyền áp suất là kh (như trong các hình 1, 2, 3).
- Các van điều áp được thay thế bằng van áp và kết n i với bình chất l ng
- Các nguồn tạo áp suất kh được thay thế bởi các thiết bị tạo áp sử dụng môi trường truyền là chất l ng (theo khuyến cáo của nhà sản xuất).
- C th sử dụng bình phân ly khi môi trường truyền áp suất của chuẩn đo lường và PT khác nhau.
- Làm sạch các chất l ng khác trong UUT và loại b các bọt kh ra kh i hệ th ng 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, đầy đủ chi tiết, không bị ăn mòn, rạn nứt, han gỉ, ren đầu nối và các chi tiết khác không bị hỏng.
- Mặt kính hoặc màn hình chữ thị không có vết nứt, bọt, bẩn, mờ và không có các khuyết tật khác cản trở việc đọc số.
- Trên UUT cần có các thông tin sau đây:
 - + Phạm vi đo áp suất;
 - + Phạm vi đo của tín hiệu điện đầu ra;
 - + Sản xuất;
 - + Địa chỉ nhà sản xuất;
 - + Môi trường truyền áp suất;
 - + Điện áp làm việc.

h :

- Trường hợp trên UUT không ghi 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 có thông báo đến cơ sở sử dụng.
- Đối với UUT có lớn hơn 1 cơ cấu chữ thị, hiệu chuẩn viên cần xác định rõ yêu cầu hiệu chuẩn cơ cấu chữ 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 chia nhỏ nhất hoặc bước nhảy số hiển thị cụ thể của UUT phải phù hợp với địa chỉ nhà sản xuất và tuân theo dãy sau: 1.10_n 2.10_n 5.10_n

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

- UUT phải hiển thị đầy đủ rỗng, giá trị chữ 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 chữ thị đúng.
- Dùng giá trị chữ 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 kỹ thuật chữ thị tương tự, khi đọc số liệu cần phải ghi nhận vào thành của áp kế để làm giảm ảnh hưởng của lực ma sát rồi mới đọc giá trị ở kim đi m đo.

ĐLVN 288 : 2016

- Đi với các UUT là áp kế chuẩn ki u ch thị s , ch đọc giá trị ở m i đi m đo khi áp suất ở trạng thái ổn định, giá trị ch thị thay đổi không quá sai s cho phép
- Đi với các trường hợp UUT là áp kế chuẩn ki u thủy ngân và ki u ng nghiêng phải sử dụng môi trường áp suất truyền là kh .

7.3 Kiểm tra đo lường

UUT được ki m tra đo lường theo trình tự n i 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 ch thị s phải cấp điện đ sấy theo đ ng thời gian do nhà sản uất hoặc cơ sở sử dụng yêu cầu (thời gian cấp điện t i thi u là 30 phút).
- Tăng áp suất đến 0 %; 50 %; 100 % giới hạn đo trên đ ki m tra sai s của UUT. Nếu c sai lệch vượt quá sai s cho phép thì phải tiến hành hiệu ch nh UUT cho phù hợp (nếu UUT c 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 ph t, sau đ sử dụng đồng hồ bấm giây (mục 2.7) ki m tra sự r r áp suất trong hệ th ng trong v ng 5 ph t. 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 đ áp suất trở về trạng thái ban đầu.
- Thực hiện thao tác khởi đ ng trước khi đo đ UUT hoạt đ ng ổn định trong quá trình hiệu chuẩn. Tăng áp suất đến giới hạn đo trên và giảm áp suất đến giới hạn đo dưới (s 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 đ ch nh ác của UUT c th lựa chọn chu trình hoặc B tại bảng 3.

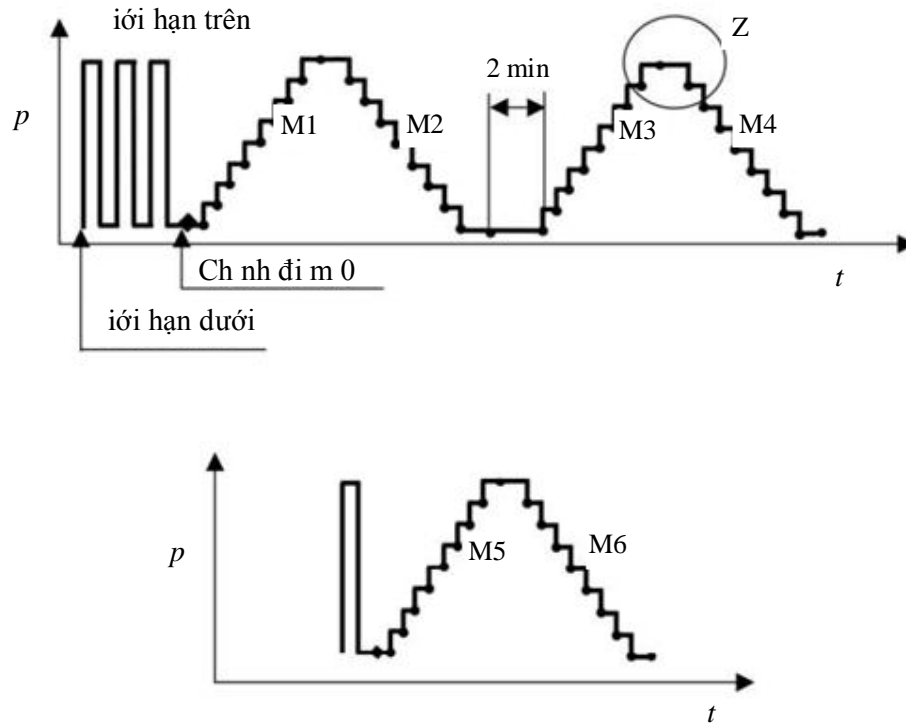
Bảng 3

Chu tr nh hiệu chuẩn	Đ chính ác tính theo của toàn thang đo	Số lượng điểm hiệu chuẩn tối thiểu	Số lần t ng giảm áp suất trước khi đo	Thời gian thay đ i giá trị đo thời gian chờ (s)	Thời gian chờ điểm giới hạn đo trên (min)	Số loạt đo theo	
						Chiều t ng	Chiều giảm
A	< 0,1	9	3	> 30	2	2	2
B	0,1 ÷ 1	9	2	> 30	2	2	1

h : Đi với các UUT có ph m vi o > 25 bar phải sử dụng chu trình hiệu chuẩn A.

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

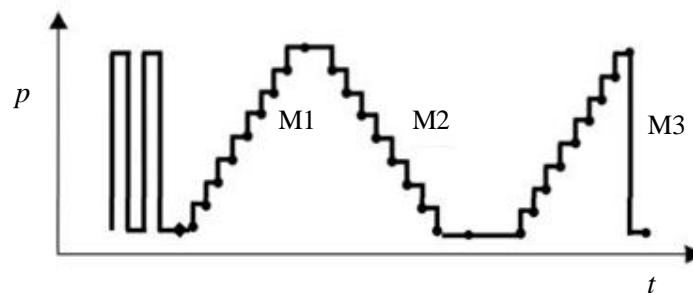
Thực hiện các loạt đo M1, M2, M3, M4 và thêm các loạt đo M5, M6 khi cần xác định để tái lặp lại.



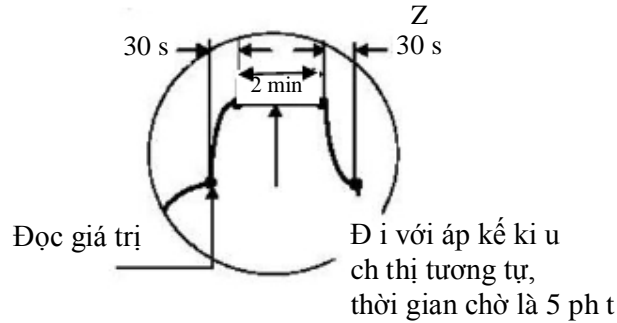
Hình 4. Chu trình hiệu chuẩn

- 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 để 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 ổn định thực hiện việc điều chỉnh đi m “0”. Đi với các thiết bị không có chức năng chỉnh m “0” thì 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 đi m đo đã định trước và ghi lại giá trị áp suất tương ứng. Khi áp suất đạt đến đi m đo lớn nhất, khoá tất cả các van của hệ thống tạo áp để UUT chịu tải 2 ph t đi với áp kế chỉnh s (5 ph t đi với áp kế chỉnh thị tương tự). Sau khi chịu tải, điều chỉnh áp suất theo giá trị từng đi m 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 s liệu.
- Khi điều chỉnh áp suất chú ý không được điều chỉnh quá giá trị áp suất ở từng đi m 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 p thông để hiệu chuẩn các UUT có chỉnh m ác ≤ 0,02 % thì phải áp dụng phương trình cơ bản của áp kế p thông 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 p thông chuẩn để xác định các thành phần ảnh hưởng tới giá trị áp suất tạo bởi chuẩn).

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

Trong đó:

- $\sum M_{i,s}$ - Khối lượng của các quả cân, đĩa cân g c, p tông chuẩn (kg);
- $\rho_{M,s}$ - Khối lượng riêng của các quả cân, đĩa cân, p tông của chuẩn (kg m³);
- $A_{o,s}$ - Diện tích hiệu dụng của p tông của áp kế p tông chuẩn (m²);
- λ_s - Hệ số dẫn nở do áp suất của p tông xy lanh chuẩn (1 Pa);
- $\alpha_{p,s}$ - Hệ số dẫn nở nhiệt của p tông chuẩn (1 °C);
- $\alpha_{c,s}$ - Hệ số dẫn nở nhiệt của xy lanh chuẩn (1 °C);
- t_s - Nhiệt độ của p 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 p tông chuẩn (m);
- ρ_f - Khối lượng riêng của chất lỏng (kg m³);
- h - Chiều lệch chiều cao giữa 2 điểm m c cơ sở của chuẩn và UUT (m);
- ρ_a - Khối lượng riêng của không khí được tính theo công thức sau:

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

- P_{at} - p 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 s⁻²);
- P_{vac} - p 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

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

8.2.1 ĐKĐBĐ của chuẩn đi với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế chuẩn ki u chất lỏng, áp kế chuẩn ki u chất thị tương tự, áp kế chuẩn ki u chất thị s

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, $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_{e2}^2(p) + u_{\text{amb}}^2(p) + u_{\text{stability}}^2(p)} \quad (3)$$

8.2.2 ĐKĐBĐ của chuẩn đi với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế p thông 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 nở áp suất, $u_3(p)$

- ĐKĐBĐ khối lượng quả cân, p thông, $u_4(p)$

- ĐKĐBĐ nhiệt độ p thông xy lanh, $u_5(p)$

- ĐKĐBĐ hệ số nở nhiệt của p thông 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 $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_{12}^2(p) + u_{22}^2(p) + \dots + u_{92}^2(p) + u_{102}^2(p)} \quad (4)$$

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 đi m "0", $u_{f0}(p)$

- ĐKĐBĐ do độ lặp lại, $u_{b'}(p)$

- ĐKĐBĐ do độ tái lặp lại, $u_b(p)$ đi với trường hợp UUT là áp kế chuẩn kỹ thuật số.

- ĐKĐBĐ do độ hồi sai, $u_h(p)$

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

$$u_{\text{uut}}(p) = \sqrt{u_{2r}^2(p) + u_{f02}^2(p) + u_{2b'}^2(p) + u_{2b}^2(p) + u_{2h}^2(p)} \quad (5)$$

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

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

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 p kế chuẩn ki u ch thị s và tương tự sau khi hiệu chuẩn nếu đạt các yêu cầu quy định tại mục 7 và tổng của các đ lệch chuẩn áp suất với ĐKĐBĐ mở r ng tại m i đi m đo tương ứng không vượt quá sai s sai s cho phép của UUT thì được cấp chứng ch hiệu chuẩn (tem hiệu chuẩn, giấy chứng nhận hiệu chuẩn,...) theo quy định.

9.2 p kế chuẩn ki u ch thị s và tương tự sau khi hiệu chuẩn nếu không đạt m t trong các yêu cầu trên thì không cấp chứng ch hiệu chuẩn mới và a dấu hiệu chuẩn cũ (nếu c).

9.3 Chu kỳ hiệu chuẩn của áp kế chuẩn ki u ch thị s và tương tự là 12 tháng.

Tên cơ quan hiệu chuẩn
.....

BIÊN BẢN HIỆU CHUẨN
S :

Tên chuẩn phương tiện đo:

Ki u: S :

Cơ sở sản uất: Năm sản uất:

Đặc trưng kỹ thuật :

.....

Cơ sở sử dụng:

Phương pháp thực hiện:

Chuẩn, thiết bị ch nh được sử dụng:

.....

Điều kiện môi trường:

Nhiệt đ :Đ ẩm:

Chênh lệch chiều cao:.....Kh i lượng riêng chất l ng:.....

Người thực hiện: Ngày thực hiện:

Địa đi m 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			Chu trình kiểm tra khi ác định đ 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 (*)
S :

Tên chuẩn phương tiện đo:

Ki u: S :

Cơ sở sản xuất: Năm sản xuất:

Đặc trưng kỹ thuật :

.....

Cơ sở sử dụng:

Phương pháp thực hiện:

Chuẩn, thiết bị ch nh được sử dụng:

.....

Điều kiện môi trường:

Nhiệt đ : Đ ẩm:

Chênh lệch chiều cao: Kh i lượng riêng chất l ng:

Người thực hiện: Ngày thực hiện:

Địa đi m 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 (on 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 (on vị)	Giá trị đọc trên UUT (on vị)
		Quả cân đặt trên áp kế p tông chuẩn (quả s)	S gam thêm (g)	Nhiệt đ môi trường (°C)	Đ ẩm (% RH)	P _{abm} / P _{VAC} (mbar)	Nhiệt đ P/C (°C)		
		1							
2									
3									
...									
...									
...									
...									
n									

(*) : Áp dụng khi dùng chuẩn là áp kế pittông ể hiệu chuẩn UUT có ộ chính xác ≤ 0,02 %

TT	P đanh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông 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 pittông chuẩn	S gam thêm	Nhiệt độ môi trường	Độ ẩm	$P_{abm}/$ P_{VAC}	Nhiệt độ P/C		
		(<i>on vị</i>)	(<i>quá s</i>)	(<i>g</i>)	(<i>°C</i>)	(<i>%RH</i>)	(<i>mbar</i>)		
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 trực tiếp từ tập hợp các giá trị chỉ thị trên UUT (Y_i), trực tiếp từ 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 loại A

Dùng phương pháp bình phương cực tiểu để lập biểu thức toán học độ không đảm bảo đo.

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

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

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

2.1 ĐKĐBĐ của chuẩn đi với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế chuẩn ki u chất lỏng, áp kế chuẩn ki u ch thị tương tự, áp kế chuẩn ki u ch thị s .

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.

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

2.1.2 ĐKĐBĐ của phương tiện đo $u_{amb}(p)$: áp dụng khi sử dụng chuẩn đo áp suất tương đi và thiết bị đo áp suất kh quy n (mục 2.4 bảng 2) đi hiệu chuẩn các UUT đo áp suất tuyệt đi : 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.

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

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

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

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 đi với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế p tông chuẩn.

Các thành phần ĐKĐBĐ đo của chuẩn bao gồm:

2.2.1 Đi 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 đi 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 d n 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, p tông $u_4(p)$

Được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

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

2.2.5 Đ không đảm bảo đo của nhiệt độ p tông xy lanh $u_5(p)$.

Nhiệt độ p tông xy lanh được đo trực tiếp với điều kiện nhiệt độ duy trì trong khoảng ± 1 °C và ĐKĐBĐ c th được lấy bằng: $U(t) = 2$ °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 d nở nhiệt $u_6(p)$.

ĐKĐBĐ của hệ số d nở nhiệt của p tông xy lanh c th lấy bằng 10 % và đ 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 t nh theo vĩ độ, đ cao so với mặt nước biển của nơi đo thì $U(g)$ c th lấy bằng: $U(g) = 1.10^{-5} \times g$

Công thức t nh gia tốc trọng trường theo vĩ độ và đ cao so với mặt nước biển:

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

Trong đó:

g: Gia tốc trọng trường nơi đo (m/s²);

θ : Vĩ độ nơi đo (°);

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

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

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 kg/m³, nhưng do áp suất khí quyển, nhiệt độ môi trường, đ ẩm tương đ i thay đổi nên khối lượng riêng không khí c th thay đổi t i đ ± 5 % và ĐKĐBĐ của khối lượng riêng không khí c th 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 c t chất lỏng $u_9(p)$.

ĐKĐBĐ của chênh lệch chiều cao c t chất lỏng t i đ bằng: $U(\Delta h) = 2$ 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 $\theta < 0,5'$ đã không đảm bảo đo theo θ được ước lượng bằng: $U(\theta) = 5,82 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$ 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 $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_{12}^2(p) + u_{22}^2(p) + \dots + u_{92}^2(p) + u_{102}^2(p)}$$

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

3.1 ĐKĐBĐ do phân giải $u_r(p)$

- Đ i với các UUT ki u ch thị tương tự:

Đ phân giải (r) của UUT ki u ch thị tương tự là khoảng cách nh nhất giữa hai vạch chia liền kề c th chia m t cách ước lượng đ ác định kim ch của ch thị ch vào giá trị nào. Đ i với áp kế ch thị tương tự đ phân giải c th 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 đ phân giải c th được lấy bằng 1 10 giá trị áp suất của khoảng cách đ . Đ i với các cơ cấu ch thị kim, dạng của phân b là hình tam giác. Đ i với cơ cấu ch thị vạch dạng thước, dạng của phân b là hình chữ nhật.

- Đ i với các UUT ki u ch thị s :

Đ phân giải (r) của UUT ki u ch thị s là giá trị tương ứng với m t bước nhảy nh nhất, dạng của phân b là hình chữ nhật. Đ i với các UUT c các bước nhảy khác nhau trong toàn thang đo thì đ phân giải được chọn là giá trị lớn nhất.

- Đ i với các UUT ch thị c dao đ ng thẳng giáng bất thường :

Nếu các UUT ch thị c dao đ ng thẳng giáng bất thường thì đ phân giải (r) sẽ t nh bằng 1 2 khoảng dao đ ng đ i với các UUT ki u ch thị tương tự, và bằng 1 2 khoảng dao đ ng c ng với m t bước nhảy nh nhất về giá trị đ i với UUT ki u ch thị s .

Đ i với cơ cấu ch thị c dạng phân b là hình tam giác công thức t nh ĐKĐBĐ $u_r(p)$ như sau:

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

Đ i với cơ cấu ch thị c dạng phân b là hình chữ nhật công thức t nh ĐKĐBĐ $u_r(p)$ như sau:

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

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

Đ lệch “0” cần được ác định với m i chu kỳ đo bao gồm cả chu trình đo khi tăng và giảm áp suất. Các giá trị đ lệch “0” được t nh như sau:

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

Các chỉ số của giá trị đo được 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 Đ không đảm bảo đo do lặp lại $u_{b'}(p)$:

ĐKĐBĐ do lặp lại được xác định như sau:

$$b'_{up,j} = \left| x_{3,j} - x_{3,0} \right| - \left(x_{1,j} - x_{1,0} \right) |$$

$$b'_{down,j} = \left| x_{4,j} - x_{4,0} \right| - \left(x_{2,j} - x_{2,0} \right) |$$

$$b'_{mean,j} = \max \left\{ b'_{up,j}, b'_{down,j} \right\}$$

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 Đ không đảm bảo đo do tái lặp lại $u_b(p)$:

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

$$b_{up,j} = \left| x_{5,j} - x_{5,0} \right| - \left(x_{1,j} - x_{1,0} \right) |$$

$$b_{down,j} = \left| x_{6,j} - x_{6,0} \right| - \left(x_{2,j} - x_{2,0} \right) |$$

$$b_{mean,j} = \max \left\{ b_{up,j}, b_{down,j} \right\}$$

Với j là số thứ tự của điểm đo.

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

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

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

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

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

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 $u_{uut}(p)$

$$u_{uut}(p) = \sqrt{u_{2r}^2(p) + u_{f_0}^2(p) + u_{2b'}^2(p) + u_{2b}^2(p) + u_{2h}^2(p)}$$

4 Đ không đảm bảo đo t ng hợp uc(p):

$$\left(\right) \left(\right) \left(\right) \left(\right) : \sqrt{a s u p u p u p u p = +^2 +}$$

5 Đ không đảm bảo đo m r ng Ue(p):

T nh với mức đ tin cậy 95 % ; hệ s phủ k = 2

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

Thành phần này sẽ được công b 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 i tượng có độ chính xác $\leq, 2 \%$)

1 Đối tượng hiệu chuẩn:

Tên i tượng: p kế hiện s chuẩn

Ki u: Digiquazt

Phạm vi đo: (0 ÷ 275) MPa

Đ ch nh ác: 0,01 %

Model: 745-40K

H ñg sản uất: Paroscientific-Mỹ

2 Chuẩn dùng để hiệu chuẩn:

Tên i tượng: p kế p tông chuẩn

Ki u: Pittông

Phạm vi đo: (5 ÷ 275) MPa

Đ ch nh ác: 0,006 %

Model: Ruska 2492-B3

H ñg sản uất: Ruska-Mỹ

Thông s khác của chuẩn:

Gia t c trọng trường (m/s^2)	9,78668927
Kh i 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 s dẫn nở áp suất λ (Pa^{-1})	$-2,28 \times 10^{-12}$
Hệ s dẫn nở pittông/xy lanh α ($^{\circ}C^{-1}$)	$9,10 \times 10^{-06}$
Nhiệt đ 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 đ : (20 ± 2) °C

Đ ẩm: (40 ± 3) %RH

p suất kh quy n: (1016 ± 3) mbar

gia t c trọng trường: (9,786689 ± 0,000001) m/s²

4 Kết quả hiệu chuẩn:

Đ i với loạt đo M1, chu trình lựa chọn , s đi m hiệu chuẩn 12 đi m.

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 t nh được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	S gam thêm	Nhiệt đ	Đ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt đ 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

Đ i với loạt đo M2, chu trình lựa chọn , s đi m hiệu chuẩn 12 đi m.

Đ i với loạt đo M3, chu trình lựa chọn , s đi m hiệu chuẩn 12 đi m.

Đ i với loạt đo M4, chu trình lựa chọn , s đi m hiệu chuẩn 12 đi m.

Đ i với loạt đo M5, chu trình lựa chọn , s đi m hiệu chuẩn 12 đi m.

Đ i với loạt đo M6, chu trình lựa chọn , s đi m hiệu chuẩn 12 đi m.

	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 đ không đảm bảo đo kiểu A $u_a(p)$

	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 đ không đảm bảo đo của chuẩn $u_s(p)$

Các thành phần ĐKDB ảnh hưởng đến chuẩn bao gồm:

	Đại lượng	Giá trị đại lượng	Hệ số 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	$p/2 \cdot A_0$	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	$p/2 \cdot M$	2,15E-04	5,83E-01	1,25E-04	1,56E-08
$u_5(p)$	$(t - t_{ref})$ ($^{\circ}\text{C}$)	-2,50E+00		5,00E-01	6,43E-04	3,22E-04	1,03E-07
$u_6(p)$	$(\alpha_p + \alpha_c)$ ($1/^{\circ}\text{C}$)	9,10E-06	$p \cdot (t-23)/2$	1,00E-07	-1,25E+02	-1,25E-05	1,56E-10
$u_7(p)$	g (m/s^2)	9,79E+00	$p/3 \cdot g$	4,50E-08	3,26E+02	1,47E-05	2,15E-10
$u_8(p)$	ρ_a (kg/m^3)	1,20E+00	$p/3 \cdot (\rho_M - \rho_a)$	1,00E-02	4,17E-03	4,17E-05	1,74E-09
$u_9(p)$	Δh (m)	0,00E+00	$\rho_r \cdot g/3$	0,00E+00	2,98E+03	0,00E+00	0,00E+00
$u_{10}(p)$	θ ($^{\circ}$)	5,00E-01		5,82E-04	8,36E-02	4,87E-05	2,37E-09
					$\Sigma =$		7,19E-06
					$u_s(p)$	2,68E-03	

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

Các thành phần ĐKDB ảnh hưởng đến UUT bao gồm:

	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

8 Đ không đảm bảo đo m r ng U

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

	Giá trị đại lượng	Phân b	Hệ s chia	Đ không đảm bảo đo	Hệ s đ nhạy	Đ 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	3	0,00015	1	0,00015	2,39E-08
$b'_{repeatability}$	0,00119	0,00119	3	0,00034	1	0,00034	1,18E-07
$b_{reproducibility}$	0,00127	0,00127	3	0,00037	1	0,00037	1,35E-07
$h_{hysteresys}$	0,00103	0,00103	3	0,00030	1	0,00030	8,80E-08
$\sigma_{resolution}$	0,00010	0,00010	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