

ĐLVN

VĂN BẢN KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG VIỆT NAM

ĐLVN 390 : 2025

THIẾT BỊ CHUẨN ĐO VẬN TỐC GIÓ
QUY TRÌNH HIỆU CHUẨN

Standard wind speed gauges - Calibration procedure

HÀ NỘI - 2025

Brandz

Lời nói đầu:

ĐLVN 390 : 2025 do Ban kỹ thuật đo lường TC 08 “Đo các đại lượng chất lỏng” biên soạn. Viện Đo lường Việt Nam đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng quốc gia ban hành.

Thiết bị chuẩn đo vận tốc gió - Quy trình hiệu chuẩn
Standard wind speed gauges - Calibration procedure

1. Phạm vi áp dụng

Văn bản kỹ thuật này qui định quy trình hiệu chuẩn thiết bị chuẩn đo vận tốc gió có phạm vi đo lớn nhất đến 60 m/s dùng để kiểm định phương tiện đo vận tốc gió.

2. Giải thích từ ngữ

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

2.1 AUT (Anemometer under test): Chuẩn đo vận tốc gió cần hiệu chuẩn có nguyên lý đo dạng nhiệt, chênh áp, siêu âm, kiểu quay. Cơ cấu chỉ thị dạng số hay tương tự, với đơn vị vận tốc là m/s hoặc các đơn vị dẫn xuất của m/s.

2.2 LDA (Laser doppler anemometer): Chuẩn đo vận tốc gió kiểu laser doppler.

2.3 WT (Wind tunnel systems): Ống khí động tạo môi trường gió

2.4 Đồng đều phương vuông góc (đồng đều ngang): là sự đồng đều vận tốc trên mặt phẳng vuông góc với phương vận tốc của WT.

2.5 Đồng đều phương song song (đồng đều dọc trục): là sự đồng đều vận tốc theo phương song song với phương vận tốc của WT.

2.6 Tỷ số choán chỗ κ_b : là tỉ số giữa tiết diện mặt trước AUT (S_f - bao gồm cả hệ thống giá lắp nó nằm trong buồng thử nghiệm) với tổng tiết diện của buồng thử nghiệm (S_s).

$$\kappa_b = \frac{S_f}{S_s}$$

2.7 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 390 : 2025

4. Phương tiện hiệu chuẩn

Quy trình này sử dụng các phương tiện 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 (Có thể sử dụng một trong các chuẩn sau)		
1.1	Chuẩn đo vận tốc gió.	- Phạm vi: phù hợp với phạm vi đo của AUT - Trường hợp AUT có độ chính xác $\leq 1\%$ thì ĐKĐBĐ của giá trị vận tốc chuẩn $< 1/2$ sai số cho phép của AUT.	7.3
1.2	Hệ thống chuẩn vận tốc gió.	- Trường hợp AUT có độ chính xác $> 1\%$ thì ĐKĐBĐ của giá trị vận tốc chuẩn $< 1/3$ sai số cho phép của AUT.	7.3
2	Phương tiện đo khác		
2.1	Ống khí động (đường hầm gió)	- Tạo được môi trường vận tốc gió có giá trị không nhỏ hơn giới hạn đo trên của AUT, có thể tăng hoặc giảm vận tốc đều đặn trong phạm vi làm việc. - ĐKĐBĐ $< 1\%$ (ở vận tốc ≥ 3 m/s).	7.3
2.2	Thiết bị đo góc	- Phạm vi đo: $(0 \div 360)^\circ$ - Sai số cho phép: $\pm 0,5^\circ$	6
2.2	Nhiệt ẩm kế	- Phạm vi đo: Đáp ứng yêu cầu mục 5 - Sai số cho phép: $\leq 1^\circ\text{C}$ và $\leq 5\%RH$	7.3
3	Phương tiện phụ		
3.1	Hệ thống gá lắp AUT	- Cố định được AUT trong buồng thử nghiệm của WT. - Điều chỉnh được hướng đo của AUT.	7.3
3.2	Nivo		6

5. Điều kiện hiệu chuẩn

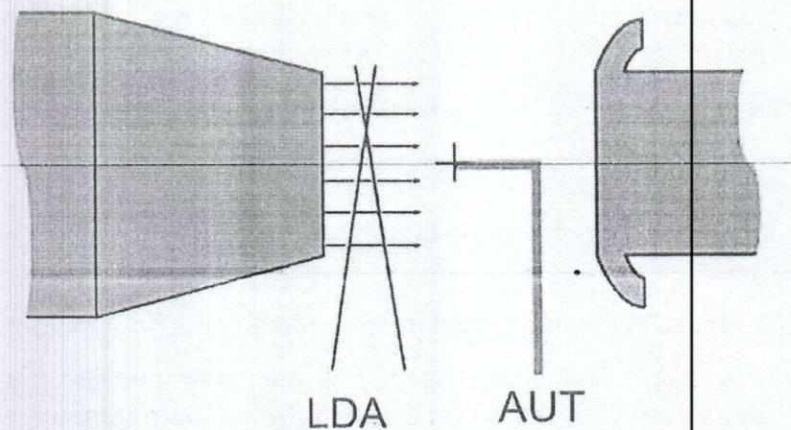
Khi tiến hành hiệu chuẩn, phải đảm bảo các điều kiện sau đây:

- Địa điểm hiệu chuẩn phải sạch sẽ, kín gió (với WT có buồng thử nghiệm hở), không có các chất ăn mòn hóa học, không có các nguồn gây biến đổi lớn về nhiệt độ môi trường, và biến đổi không quá 2 °C trong suốt quá trình hiệu chuẩn, không gây rung động và nhiễu trong quá trình hiệu chuẩn.
- Điều kiện môi trường: Điều kiện hiệu chuẩn tại điều kiện môi trường phòng thí nghiệm:
 Nhiệt độ: $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$
 Độ ẩm: $(40 \div 80) \%RH$

6. Chuẩn bị hiệu chuẩn

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

- 6.1 Vệ sinh đầu cảm biến của AUT sạch sẽ và để cùng các phương tiện hiệu chuẩn trong phòng của hệ thống WT thời gian ít nhất hai giờ (2 h) để ổn định nhiệt độ trước khi tiến hành hiệu chuẩn.
- 6.2 Sấy các thiết bị đo điện tử theo qui định của nhà sản xuất trước khi thực hiện phép hiệu chuẩn.
- 6.3 Lắp đặt AUT vào giá đỡ ở một vị trí trong buồng thử nghiệm của WT nơi đạt được cấu hình dòng khí ổn định và đồng đều nhất (ví dụ: vị trí trung tâm của buồng thử nghiệm có mức độ nhiễu loạn thấp và giá trị vận tốc ổn định theo thời gian) sao cho hướng đo của AUT song song với phương vận tốc của WT và đảm bảo $K_b \leq 0,1$.



Hình 1. Lắp đặt vị trí đo của chuẩn và AUT

- Trong trường hợp thiết bị đối xứng (như kiểu Pitot-S), nếu đầu đo áp suất toàn phần không được chỉ định trước, hãy chọn một đầu đo của thiết bị và định danh nó trước khi lắp vào WT.
 - Trong quy trình này, chuẩn sử dụng và AUT được sử dụng phương pháp đo là đồng thời nên chuẩn và AUT không thể đo cùng một vị trí. Vị trí đo của chuẩn là đầu dòng chảy và khác trục (Hình 1).
- 6.4 Độ lệch cảm biến đo của chuẩn, AUT phải nằm trong phạm vi một độ (1°) so với phương vận tốc của WT.
 - 6.5 Nếu có thiết bị đo kiểu chênh áp, đảm bảo tất cả các đường dẫn áp suất trong hệ thống đo phải kín.
 - 6.7 Kiểm tra, bổ sung môi chất tạo môi trường tán xạ ánh sáng (nếu chuẩn sử dụng là LDA).

ĐLVN 390 : 2025

7. Tiến hành hiệu chuẩn

7.1 Kiểm tra bên ngoài

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

- 7.1.1 Ký, nhãn hiệu: Trên AUT phải có nhãn mác cung cấp đủ thông tin hãng sản xuất, kiểu sản phẩm, số sản xuất (*serial*).
- 7.1.2 Nhìn trực quan bằng mắt thường: AUT không bị biến dạng, móp, méo làm ảnh hưởng đến kết quả đo lường.
- 7.1.3 Có dây đủ phụ kiện hoặc các thiết bị phụ trợ kèm theo (nếu có)

7.2 Kiểm tra kỹ thuật

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

- 7.2.1 Với các phương tiện đo có bộ phận điện tử, nếu trên màn hình hiển thị có cảnh báo nguồn pin yếu, phải thay nguồn cấp trước khi tiến hành hiệu chuẩn.
- 7.2.2 Cơ cấu hiển thị: Với các AUT là thiết bị đo hoàn chỉnh, các thiết bị đo phụ trợ được kết nối với bộ chỉ thị vận tốc, cơ cấu hiển thị phải rõ ràng, không mất nét, không bị nứt vỡ hay khuyết tật khác gây cản trở việc đọc số chỉ..
- 7.2.3 Các AUT có cảm biến đo kiểu quay, cơ cấu chuyển động không bị kẹt, khi tác động ngoại lực phải chuyển động một cách trơn tru.
- 7.2.4 Đơn vị hiển thị vận tốc của AUT về m/s hoặc nếu không có thì phải là một trong các đơn vị qui đổi từ m/s (ft/s, km/h...)
- 7.2.5 Kiểm tra điểm “0”: Thực hiện “zero” số chỉ của AUT tại điểm vận tốc bằng “0”

7.3 Kiểm tra đo lường

Chuẩn đo vận tốc gió phải được kiểm tra đo lường theo trình tự nội dung, phương pháp và yêu cầu sau:

7.3.1 Xác định dải vận tốc hiệu chuẩn và các điểm hiệu chuẩn:

- Dải vận tốc hiệu chuẩn được thực hiện trong phạm vi từ vận tốc nhỏ nhất đến vận tốc lớn nhất. Vận tốc nhỏ nhất được xác định là giới hạn đo nhỏ nhất của WT hoặc AUT tùy giá trị nào lớn hơn. Vận tốc lớn nhất được xác định là giới hạn đo lớn nhất của AUT.
- Các điểm vận tốc hiệu chuẩn: AUT được hiệu chuẩn tại ít nhất 5 điểm vận tốc và khoảng cách giữa 2 điểm liên tiếp không vượt quá 10 m/s trong phạm vi đo của AUT.

7.3.2 Xác định hệ số hiệu chỉnh: Hệ số hiệu chỉnh vận tốc của AUT được xác định tại các điểm vận tốc hiệu chuẩn khác nhau theo ba chu trình: giảm, tăng và giảm vận tốc từ giá trị lớn nhất đến giá trị nhỏ nhất và ngược lại qua các điểm vận tốc đã xác định ở mục (7.3.1).

Trình tự tiến hành như sau:

Bước 1: Khởi động hệ thống chuẩn, WT và các phương tiện đo phụ trợ.

Bước 2: Đưa dần vận tốc của hệ thống đến điểm vận tốc lớn nhất cần hiệu chuẩn.

Bước 3: Duy trì vận tốc trong năm phút (5 min) để ổn định. Đọc và ghi 05 lần giá trị vận tốc trên chuẩn và AUT vào biên bản hiệu chuẩn (phụ lục I).

Bước 4: Đưa vận tốc về điểm hiệu chuẩn tiếp theo của chu trình (như đã xác định trong phần 7.3.1) và lặp lại các bước 3 và 4 cho đến hết.

- Hệ số hiệu chỉnh vận tốc của AUT tại mỗi điểm trong chu trình được xác định theo công thức (1):

$$K_i = \frac{\sum K_{ij}}{j} \quad [1]$$

Với

$$K_{ij} = \frac{\bar{v}_{std(i)}}{\bar{v}_{AUT(i)}} \quad [2]$$

Trong đó: K_i : Hệ số hiệu chỉnh vận tốc tại mỗi điểm trong dải hiệu chuẩn

K_{ij} : Hệ số hiệu chỉnh vận tốc tại mỗi điểm trong 1 chu trình đo

i : Các điểm đo

j : Số chu trình đo ($j = 3$)

$\bar{v}_{std(i)}$: Vận tốc trung bình của chuẩn tại mỗi điểm i trong dải đo, (m/s)

$\bar{v}_{AUT(i)}$: Vận tốc trung bình của AUT tại mỗi điểm i trong dải đo, (m/s)

Yêu cầu với AUT được dùng làm chuẩn để kiểm định phương tiện đo gió:

$$([1 - K_i] + U) \times v_i \leq 2,5\% \times v_{max} \quad [3]$$

8. Ước lượng độ không đảm bảo đo (ĐKĐBĐ)

8.1 Mô hình toán học

Xuất phát từ công thức (2) xác định hệ số hiệu chỉnh vận tốc của AUT:

$$K_{ij} = \frac{\bar{v}_{std(i)}}{\bar{v}_{AUT(i)}} = \frac{v_{std}}{v_{dis(AUT)} + \Delta v_{WT} + \Delta v_{\varphi}} \quad [4]$$

Trong đó:

+ v_{std} : Vận tốc chỉ thị trên chuẩn (m/s)

+ $v_{dis(AUT)}$: Vận tốc chỉ thị trên AUT (m/s)

+ Δv_{φ} : Sự sai lệch vận tốc do lệch góc khi gá lắp AUT (m/s)

+ Δv_{WT} : Sự sai lệch vận tốc do vị trí đo và độ đồng đều của WT (m/s)

8.2 ĐKĐBĐ tổng hợp của K_i : u_c

Từ công thức (4), ĐKĐBĐ tổng hợp u_c của phép xác định hệ số α được tính theo công thức sau:

$$u_c = \frac{\sqrt{c_A^2 u_A^2 + c_{std}^2 u_{std}^2 + c_{AUT}^2 u_{AUT}^2 + c_{WT}^2 u_{WT}^2 + c_{\varphi}^2 u_{\varphi}^2}}{K} \quad (\%) \quad [5]$$

7
7/10/2025

ĐLVN 390 : 2025

Trong đó:

- + u_A : ĐKĐBĐ loại A của K_i (1)
- + u_{std} : ĐKĐBĐ của chuẩn sử dụng (m/s)
- + u_{AUT} : ĐKĐBĐ của AUT (m/s)
- + u_{WT} : ĐKĐBĐ của hệ thống ống khí động (m/s)
- + u_φ : ĐKĐBĐ ảnh hưởng độ lệch góc của AUT (m/s)
- + $c_A; c_{std}; c_{AUT}; c_{WT}; c_\varphi$ là hệ số nhạy của các ĐKĐBĐ thành phần $u_A; u_{std}; u_{AUT};$

$u_{WT}; u_\varphi$

Chi tiết giá trị các đại lượng được xác định theo hướng dẫn trong *phụ lục 2*.

8.3 Độ không đảm bảo đo mở rộng

ĐKĐBĐ mở rộng (U) được xác định theo công thức (6):

$$U = k.u_c \quad (\%) \quad [6]$$

Trong đó: k là hệ số phủ, $k = 2$ ứng với độ tin cậy $p \approx 95\%$.

9. Xử lý chung

9.1 Chuẩn đo vận tốc gió sau khi hiệu chuẩn, nếu thỏa mãn yêu cầu trong công thức (3) sẽ được dán tem, cấp giấy chứng nhận hiệu chuẩn kèm theo kết quả hiệu chuẩn và một giá trị ĐKĐBĐ.

9.2 Chu kỳ hiệu chuẩn của chuẩn đo vận tốc gió là 12 tháng.

ĐƠN VỊ HIỆU CHUẨN

BIÊN BẢN HIỆU CHUẨN

.....

Số :

Tên phương tiện đo: **Thiết bị chuẩn đo vận tốc gió**

Kiểu: Số:

Cơ sở sản xuất: Năm sản xuất:

Đặc trưng kỹ thuật : Phạm vi đo:

Sai số cho phép:

Giá trị độ chia:

Cơ sở sử dụng:

Phương pháp thực hiện: **ĐLVN 390 : 2025**

Chuẩn, thiết bị chính được sử dụng:

.....

Điều kiện môi trường: Nhiệt độ: °C Độ ẩm: %RH

Người thực hiện:

Ngày thực hiện: / / 20.....

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

Chu trình 1 (chu trình giảm vận tốc)

STT	Vận tốc danh nghĩa (m/s)	Vận tốc đọc trên chuẩn v_{std} , (m/s)					Vận tốc đọc trên AUT v_{tb} , (m/s)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1											
2											
3											
4											
5											



ĐLVN 390 : 2025**Chu trình 2 (chu trình tăng vận tốc)**

STT	Vận tốc danh nghĩa (m/s)	Vận tốc đọc trên chuẩn v_{std} , (m/s)					Vận tốc đọc trên AUT v_{tb} , (m/s)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1											
2											
3											
4											
5											

Chu trình 3 (chu trình giảm vận tốc)

STT	Vận tốc danh nghĩa (m/s)	Vận tốc đọc trên chuẩn v_{std} , (m/s)					Vận tốc đọc trên AUT v_{tb} , (m/s)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1											
2											
3											
4											
5											

Người soát lại**Người thực hiện**

HƯỚNG DẪN ƯỚC LƯỢNG ĐỘ KHÔNG ĐẢM BẢO ĐO
CÁC CHUẨN THÀNH PHẦN

Từ công thức (3):

$$K_{ij} = \frac{\bar{v}_{std(i)}}{\bar{v}_{AUT(i)}} = \frac{v_{std}}{v_{dis(AUT)} + \Delta v_{WT} + \Delta v_{\varphi}} \quad [3]$$

Các hệ số nhạy có giá trị:

$$c_{AK} = 1; \quad c_{std} = \frac{1}{v_{dis(AUT)} + \Delta v_{WT} + \Delta v_{\varphi}};$$

$$c_{AUT} = c_{WT} = c_{\varphi} = -\frac{v_{std}}{(v_{dis(AUT)} + \Delta v_{WT} + \Delta v_{\varphi})^2}$$

I. Ước lượng ĐKĐBĐ chuẩn thành phần: u_{AK}

(Sử dụng phương pháp bình phương cực tiểu)

Từ kết quả hiệu chuẩn các điểm hiệu chuẩn trên toàn dải, giá trị của chuẩn và AUT thông thường có mối quan hệ theo đường tuyến tính: $Y = a + bX$

Trong đó: X là giá trị tham chiếu (chuẩn), Y là giá trị đo được trên AUT, tại mỗi điểm đo sẽ là $(x_i; y_i)$; tại điểm hiệu chuẩn: $\bar{x} = \sum x_i/3$; $\bar{y} = \sum y_i/3$ (3 chu trình đo)

Các hệ số độ róc và hệ số chặn được xác định theo công thức (P2.1) và (P2.2)

$$b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad [P2.1]$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad [P2.2]$$

Độ lệch chuẩn của Y là δ_y :

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - a - bX_i)^2}{n - 2}} \quad [P2.3]$$

Độ lệch chuẩn của a là δ_a :

$$\delta_a = \delta_y \times \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}} \quad [P2.4]$$

Độ lệch chuẩn của b là δ_b :

$$\delta_b = \delta_y \times \sqrt{\frac{n}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}} \quad [P2.5]$$

ĐLVN 390 : 2025

hệ số tương quan $r_{(a,b)}$ được tính:

$$r_{(a,b)} = - \frac{\sum X_i}{\sqrt{n \sum X_i^2}} \quad [P2.6]$$

Độ không đảm bảo kiểu A được xác định:

$$u_A = \sqrt{\delta_a^2 + X_i^2 \delta_b^2 + 2X_i \cdot \delta_a \cdot \delta_b \cdot r_{(a,b)}} \quad (\text{m/s}) \quad [P2.7]$$

$$u_{AK}(\%) = \frac{u_A}{v_{std}} \quad (\%) \quad [P2.8]$$

$$u_{AK}(\%FS) = \frac{u_A}{v_{max}} \quad (\%FS) \quad [P2.9]$$

II. Ước lượng ĐKĐBĐ chuẩn thành phần của chuẩn sử dụng

u_{std} được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn: $u_{std} = \frac{U_{std}}{k} \times v_{std}$ (m/s) [P2.10]

Trong đó: k là hệ số phủ của kết quả đo trong giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

III. Ước lượng ĐKĐBĐ chuẩn thành phần của AUT

$$u_{AUT} = u_{pg} = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{m/s}) \quad [P2.11]$$

Trong đó:

+ u_{pg} : ĐKĐBĐ độ độ phân giải của AUT (m/s)

+ d : giá trị độ chia nhỏ nhất của AUT (m/s)

IV. Ước lượng ĐKĐBĐ chuẩn thành phần ống khí động: u_{WT}

u_{WT} gồm thành phần ĐKĐBĐ của các yếu tố ảnh hưởng trong hệ thống ống khí động, tất cả được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

V. Ước lượng ĐKĐBĐ độ lệch góc: u_φ

ĐKĐBĐ của sự lệch góc được xác định bằng sự sai lệch vận tốc tối đa của góc lệch ($\varphi=1^\circ$).

$$u_\varphi = \Delta v = V \times (1 - \text{Cos}\varphi) \quad (\text{m/s}) \quad [P2.13]$$

$\varphi_{max} = 1^\circ \Rightarrow u_\varphi \approx 0,004\% V$ (có thể bỏ qua)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. EURAMET Calibration Guide No. 24 Version 1.0 (02/2019) - *Guidelines on the Calibration of Solid Anemometers*
2. ISO 3966:2008 - *Measurement of fluid flow in closed conduits*
3. ISO 5168:2005 - *Measurement of fluid flow - Procedures for the evaluation of uncertainties*
4. IEC-61400-12-1:2005 - *Wind turbines - Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*
5. CIPM-2007 Metrologia 45 (2008) 149–155, Picard A., Davis R.S., Gläser M. and Fujii K., *Revised formula for the density of moist air.*
6. MEASNET – *Anemometer calibration Procedure, Version 2, October 2009*
7. JCGM 100: 2008, *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.*
8. ĐLVN 131:2004. *Hướng dẫn đánh giá và trình bày độ không đảm bảo đo.* Hà Nội: Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng, 2004.
9. Văn bản kỹ thuật đo lường Việt Nam TCVN 6165