

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 11953-12:2018  
ISO 16900-12:2016**

Xuất bản lần 1

**PHƯƠNG TIỆN BẢO VỆ CƠ QUAN HÔ HẤP – PHƯƠNG  
PHÁP THỬ VÀ THIẾT BỊ THỬ –  
PHẦN 12: XÁC ĐỊNH CÔNG THỞ TRUNG BÌNH THEO THỂ  
TÍCH VÀ ÁP SUẤT HÔ HẤP ĐỈNH**

*Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment –  
Part 12: Determination of volume-averaged work of breathing and peak respiratory  
pressures*

HÀ NỘI – 2018

## Lời nói đầu

TCVN 11953-12:2018 hoàn toàn tương đương với ISO 16900-12:2016.

TCVN 11953-12:2018 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 94 *Phương tiện bảo vệ cá nhân* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 11953 (ISO 16900), *Phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp – Phương pháp thử và thiết bị thử*, gồm các tiêu chuẩn sau:

- TCVN 11953-1:2017 (ISO 16900-1:2014), *Phần 1: Xác định độ rò rỉ khí vào bên trong;*
- TCVN 11953-2:2017 (ISO 16900-2:2009), *Phần 2: Xác định trở lực hô hấp;*
- TCVN 11953-3:2017 (ISO 16900-3:2012), *Phần 3: Xác định độ lọt của phin lọc bụi;*
- TCVN 11953-4:2017 (ISO 16900-4:2011), *Phần 4: Xác định dung lượng của phin lọc khí và phép thử di trú, giải hấp và thử động cacbon monoxit;*
- TCVN 11953-6:2017 (ISO 16900-6:2015), *Phần 6: Độ bền cơ học của các bộ phận và mối nối;*
- TCVN 11953-7:2017 (ISO 16900-7:2015), *Phần 7: Phương pháp thử tính năng thực tế;*
- TCVN 11953-8:2017 (ISO 16900-8:2015), *Phần 8: Phương pháp đo tốc độ dòng khí của phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp loại lọc có hỗ trợ;*
- TCVN 11953-9:2017 (ISO 16900-9:2015), *Phần 9: Xác định hàm lượng cacbon dioxit trong khí hít vào;*
- TCVN 11953-11:2018 (ISO 16900-11:2013), *Phần 11: Xác định trường nhìn;*
- TCVN 11953-12:2018 (ISO 16900-12:2016), *Phần 12: Xác định công thử trung bình theo thể tích và áp suất hô hấp đỉnh;*
- TCVN 11953-13:2018 (ISO 16900-13:2015), *Phần 13: Phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp sử dụng khí thở tái tạo và phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp chuyên dụng để thoát hiểm trong hầm mỏ: Phép thử gộp chung nồng độ khí, nhiệt độ, độ ẩm, công thử, sức cản thở, độ đàn hồi và khoảng thời gian thở.*

Bộ tiêu chuẩn ISO 16900 còn các tiêu chuẩn sau:

- ISO 16900-5:2016, *Respiratory protective devices - Methods of test and test equipment - Part 5: Breathing machine, metabolic simulator, RPD headforms and torso, tools and verification tools;*
- ISO 16900-10:2015, *Respiratory protective devices - Methods of test and test equipment - Part 10: Resistance to ignition, flame, radiant heat and heat;*
- ISO 16900-14:2015, *Respiratory protective devices - Methods of test and test equipment - Part 14: Measurement of sound level.*

**Lời giới thiệu**

Tiêu chuẩn này được dùng để bổ sung cho các tiêu chuẩn tính năng có liên quan của phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp (PTBVQCQH). Các phương pháp thử được qui định cho phương tiện hoàn chỉnh hoặc bộ phận của phương tiện. Nếu có sai lệch từ phương pháp thử trong tiêu chuẩn này, thì các sai lệch này phải được quy định trong tiêu chuẩn tính năng có liên quan.

## Phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp – Phương pháp thử và thiết bị thử – Phần 12: Xác định công thở trung bình theo thể tích và áp suất hô hấp đỉnh

*Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment –  
Part 12: Determination of volume-averaged work of breathing and peak respiratory pressures*

### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định công thở trung bình theo thể tích và áp suất hô hấp đỉnh áp dụng cho phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp.

Công đàn hồi, ảnh hưởng sinh lý đàn hồi, và thông tin về ảnh hưởng sinh lý của công thở (WOB) được qui định trong ISO 16976-4 và không được đề cập trong tiêu chuẩn này.

### 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

ISO 16972, *Respiratory protective devices – Terms, definitions, graphical symbols and units of measurement* (Phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp – Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu bằng hình ảnh và đơn vị đo)

ISO 16900-5, *Respiratory protective devices – Methods of test and test equipment – Part 5: Breathing machine, metabolic simulator, RPD headforms and torso, tools and verification tools* (Phương tiện bảo vệ cơ quan hô hấp – Phương pháp thử và thiết bị thử - Phần 5: Máy tạo nhịp thở, thiết bị mô phỏng sự tiêu hao năng lượng, đầu giả và thân giả cho PTBVCQHH, dụng cụ và dụng cụ kiểm tra)

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong ISO 16972 và các thuật ngữ, định nghĩa sau:

## TCVN 11953-12:2018

### 3.1

**Nhịp thở** (breathing frequency)

Số lần thở trong một phút

CHÚ THÍCH Tính bằng lần thở trên phút

### 3.2

**Độ đàn hồi** (elastance)

E

Áp suất thay đổi có nguyên nhân từ sự thay đổi thể tích.

CHÚ THÍCH Tính bằng kPa/l.

### 3.3

**Thể tích tăng** (tidal volume)

$V_T$

Độ lớn của một lần thở

CHÚ THÍCH Tính bằng lít.

### 3.4

**Áp suất trung bình theo thể tích** (volume-averaged pressure)

$WOB/V_T$

Công thức chia cho thể tích tăng (3.3).

CHÚ THÍCH 1 Tính bằng kPa.

CHÚ THÍCH 2  $WOB/V_T$  có thể được xác định riêng cho một lần hít vào, một lần thở ra, hoặc cho cả một chu kỳ hít thở.

## 4 Điều kiện ban đầu

Tiêu chuẩn tính năng phải chỉ rõ các điều kiện thử. Các điều kiện này bao gồm:

- Số lượng mẫu thử;
- Các thông số vận hành qui định cho PTBVCQHH;
- Lựa chọn và phương tiện hỗ trợ phép thử như đầu giả/thân giả PTBVCQHH;
- Bất kỳ sự điều hòa sơ bộ hoặc phép thử nào;
- Chế độ thông khí theo phút;
- Nhiệt độ để thực hiện phép thử.

## 5 Yêu cầu chung của phép thử

Nếu không có qui định khác, các giá trị đưa ra trong tiêu chuẩn này được biểu thị bằng các giá trị danh nghĩa. Loại trừ các giới hạn nhiệt độ, các giá trị không được nói rõ là tối đa hoặc tối thiểu thì phải có

dung sai  $\pm 5\%$ . Nếu không có qui định khác, nhiệt độ xung quanh bề thử phải từ  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  đến  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$  và độ ẩm tương đối ( $50 \pm 30$ )%. Các giới hạn nhiệt độ qui định phải có độ chính xác  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Nếu đánh giá cho các tiêu chí đạt/không đạt tùy thuộc vào phép đo thì phải ghi lại độ không đảm bảo đo theo qui định trong Phụ lục A.

## **6 Nguyên tắc**

PTBVCQHH được lắp vào đầu giá/thân giá và được vận hành ở điều kiện tối thiểu theo qui định của nhà sản xuất, nếu không có qui định khác thì theo các tiêu chuẩn tính năng.

Máy tạo nhịp thở và thiết bị mô phỏng sự trao đổi chất, nếu có thể, được vận hành với sự kết hợp của thể tích tăng và nhịp thở, theo tiêu chuẩn tính năng có liên quan. Công thở được tính từ các giá trị đo được của thể tích và áp suất. Các giá trị ghi lại này cũng sẽ cung cấp các giá trị áp suất đỉnh.

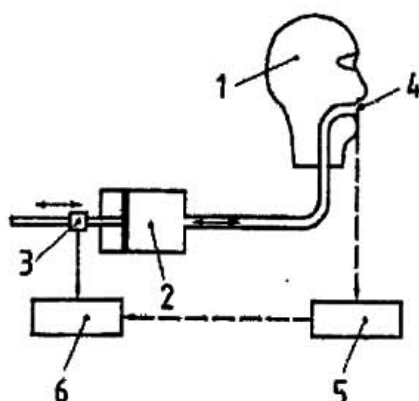
Sự công nhận các phép đo và cách tính công thở được thực hiện bằng cách sử dụng lỗ kiểm tra theo qui định trong ISO 16900-5.

Sự công nhận chức năng hiệu chuẩn của máy tạo nhịp thở/thiết bị mô phỏng sự trao đổi chất được thực hiện bằng cách sử dụng lỗ kiểm tra theo qui định trong ISO 16900-5. Sự công nhận này là thỏa đáng khi các giá trị tính toán WOB cho ra kết quả theo các dữ liệu được thể hiện trong Bảng 1.

## **7 Thiết bị, dụng cụ**

### **7.1 Cách bố trí máy tạo nhịp thở/thiết bị mô phỏng sự trao đổi chất**

Phải sử dụng máy tạo nhịp thở hoặc thiết bị mô phỏng sự trao đổi chất đáp ứng các yêu cầu của ISO 16900-5. Ví dụ về cách bố trí được thể hiện trên Hình 1.



**CHÚ DẪN**

- 1 Đầu giả hoặc cơ cấu phù hợp khác để giữ PTBVCQHH khi thử
- 2 Máy tạo nhịp thở
- 3 Cảm biến chuyển vị
- 4 Cảm biến áp suất ở miệng ống dẫn khí
- 5 Bộ chuyển đổi áp suất, nếu tách rời 4
- 6 Thiết bị thu dữ liệu

**CHÚ THÍCH** Mũi tên hai chiều và mũi tên một chiều chỉ rõ chuyển động của piston máy tạo nhịp thở và hướng dòng khí tương ứng.

**Hình 1 – Sơ đồ cách bố trí để đo công thở**

**7.2 Đầu giả PTBVCQHH/thân giả PTBVCQHH**

Sử dụng đầu giả PTBVCQHH/thân giả PTBVCQHH, theo qui định trong ISO 16900-5. Đối với PTBVCQHH có chụp hô hấp loại E (xem tiêu chuẩn tính năng), tùy thuộc vào thiết kế, có thể cần điều chỉnh chế độ thiết lập phép thử để mô phỏng sự tiêu hao một lượng thể tích do tay và chân của người sử dụng bởi vì nó có thể ảnh hưởng đến sự quản lý dòng khí của PTBVCQHH. Có thể cần lắp PTBVCQHH vào để cho phép đặt cảm biến hoặc đầu dò.

**7.3 Phép đo áp suất**

Bộ chuyển đổi áp suất vi sai đo áp suất dương và áp suất âm so với áp suất môi trường được tạo ra trong khi thở. Áp suất hô hấp này phải được đo bằng cảm biến áp suất trong đầu giả PTBVCQHH hoặc tấm che miệng được gắn theo qui định trong ISO 16900-5. Hệ thống đo áp suất có thể đo được ở tần số lên đến 50 Hz với sự suy giảm tín hiệu nhỏ hơn 3 dB.

**7.4 Phép đo thể tích**

Thể tích phải được xác định từ sự chuyển động của piston, được đo bằng bộ cảm biến chuyển vị gắn trên máy tạo nhịp thở.

## 7.5 Thu nhận dữ liệu

Các tín hiệu áp suất và thể tích phải được thu nhận ở tối thiểu 100 Hz trên đường thở.

## 8 Qui trình thử

8.1 Sử dụng lỗ kiểm tra phù hợp theo qui định trong ISO 16900-5 để xác nhận rằng công thở đo được (WOB) từ hệ thống thử sử dụng có dung sai như trong Bảng 1.

8.2 Lắp chụp hô hấp hoặc PTBVCQHH hoàn chỉnh, theo thông tin do nhà sản xuất cung cấp, vào đầu giả/thân giả PTBVCQHH có kích thước phù hợp, và vận hành PTBVCQHH theo qui định trong điều kiện ban đầu. Chụp hô hấp phải được lắp khít vào đầu giả.

8.3 Nối đường thở vào đầu giả/thân giả PTBVCQHH.

8.4 Nếu có thể, đưa PTBVCQHH vào hoạt động theo thông tin do nhà sản xuất cung cấp và ngay lập tức bắt đầu thử và vận hành theo qui định trong Điều 4.

8.5 Thu thập dữ liệu ở chế độ thông khí theo phút như được cho trong điều kiện ban đầu. Sau khi ổn định, tính giá trị trung bình cho 10 lần thở liên tiếp bất kỳ, tính công thở, áp suất đỉnh hít vào và áp suất đỉnh thở ra.

8.6 Lấy PTBVCQHH ra khỏi đầu giả/thân giả và lặp lại từ 8.2 đến 8.5 cho lượng mẫu thử yêu cầu.

8.7 Lặp lại 8.1

**Bảng 1 – Các giá trị áp suất trung bình theo thể tích (WOB/V<sub>T</sub>) đối với hai lỗ kiểm tra**

Chế độ thông khí theo phút	Nhịp thở	Thể tích tăng (V <sub>T</sub> )	LỖ A		LỖ B	
			WOB/V <sub>T</sub>	Sự không đối xứng tối đa <sup>a</sup>	WOB/V <sub>T</sub>	Sự không đối xứng tối đa <sup>a</sup>
l/min	min <sup>-1</sup>	l	kPa	%	kPa	%
10 ± 0,3	10,0	1,0	0,06 ± 0,01	8		8
20 ± 0,4	20,0	1,0	0,22 ± 0,02	5		5
35 ± 0,7	23,3	1,5	0,62 ± 0,03	5		5
50 ± 1,0	25,0	2,0	1,22 ± 0,06	5		5
65 ± 1,3	32,5	2,0	2,02 ± 0,10	5	0,62 ± 0,03	5
85 ± 1,7	34,0	2,5	3,39 ± 0,17	5	1,05 ± 0,05	5
105 ± 1,1	42,0	2,5	-	5	1,58 ± 0,08	5
135 ± 1,4	45,0	3,0	-	8	2,60 ± 0,13	8

<sup>a</sup> Tính không đối xứng được tính bằng giá trị tuyệt đối về sự chênh lệch giữa một và tỷ số giữa áp suất đỉnh thở ra và áp suất đỉnh hít vào, tính bằng phần trăm.



## TCVN 11953-12:2018

**CHÚ THÍCH** Quy trình kiểm tra xác định liệu máy tạo nhịp thở có khả năng cho kết quả công thở chấp nhận được hay không. Khi kết quả công thở không nằm trong giới hạn chấp nhận được, phải chỉ rõ sai sót trong máy tạo nhịp thở hoặc thiết bị mô phỏng sự trao đổi chất và ống dẫn. Các sai sót chung dưới đây có thể dẫn đến sai lệch kết quả công thở so với các giá trị cho trong Bảng 1:

- Sự rò rỉ trong hệ thống;
- Có quá nhiều chỗ uốn cong đột ngột hoặc ống khuỷu vuông góc trong ống dẫn;
- Sự cản dòng trong ống dẫn;
- Dạng sóng không chuẩn (không có dạng hình sin);
- Các phép tính sai.

## 9 Tính công thở (WBO)

### 9.1 Yêu cầu chung

Công thở (WOB) được tính trên các chu kỳ thở trung bình và được tính từ sự chênh lệch áp suất giữa lối thoát khí và phía ngoài PTBVCQHH và thể tích.

Đồ thị áp suất-thể tích được thể hiện trên Hình 2. Thể tích được vẽ dọc theo trục A và áp suất được vẽ dọc theo trục B. Điểm C và điểm D thể hiện cho thể tích ở điểm bắt đầu và điểm kết thúc dòng hít vào, có nghĩa là các điểm không có dòng. Sự hít vào theo đường CGD và sự thở ra theo đường DHC. Thể tích tăng ( $V_T$ ) là giá trị chênh lệch thể tích tuyệt đối giữa các điểm E và F. Phụ lục B đưa ra các thông tin chi tiết hơn.



Áp suất trung bình theo thể tích tổng ( $WOB/V_T$ ) được tính bằng tổng công thờ chia cho thể tích tăng ( $WOB_{tot}/V_T$ ) theo công thức (4):

$$WOB_{tot}/V_T = \frac{WOB_{ex}}{V_T} \quad (4)$$

Trong Hình 2, điểm G là áp suất thấp nhất trong khi hít vào. Điểm H là áp suất cao nhất trong khi thở ra. Áp suất đỉnh trong khi hít vào là sự chênh lệch giữa áp suất tại các điểm G và C (được thể hiện là I). Áp suất đỉnh trong khi thở ra là sự chênh lệch giữa áp suất tại các điểm H và D (được thể hiện là J). Áp suất đỉnh-đến-đỉnh tổng thể (K) là sự chênh lệch giữa áp suất tại các điểm H và G.

Thể tích tăng,  $V_T$ , được tính theo công thức (5):

$$V_T = |V_F - V_E| \quad (5)$$

Trong đó

$V_T$  thể tích tăng;

$V_F$  thể tích tại điểm F;

$V_E$  thể tích tại điểm E.

### 9.2.3 Độ đàn hồi

Độ đàn hồi,  $E$ , được tính theo công thức (6)

$$E = \left( \frac{P_C - P_D}{V_T} \right) \quad (6)$$

Trong đó

$P_C$  áp suất tại điểm C;

$P_D$  áp suất tại điểm D.

## 10 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm tối thiểu các thông tin sau:

- a) Thông tin nhận biết PTBVCQHH (model, kích thước);
- b) Các thông số vận hành qui định cho PTBVCQHH;
- c) Số lượng mẫu được thử;
- d) Bất kỳ sự điều hòa sơ bộ hoặc phép thử nào;
- e) (các) kích thước của đầu giả PTBVCQHH/thân giả PTBVCQHH;
- f) Tổ hợp của thể tích tăng và nhịp thở và kết quả về chế độ thông khí theo phút;
- g) Đối với từng mẫu thử:
  - 1) Công hít vào và thở ra của nhịp thở trên thể tích,
  - 2) Tổng công thờ trên thể tích,
  - 3) Áp suất tại thời điểm bắt đầu hít vào,

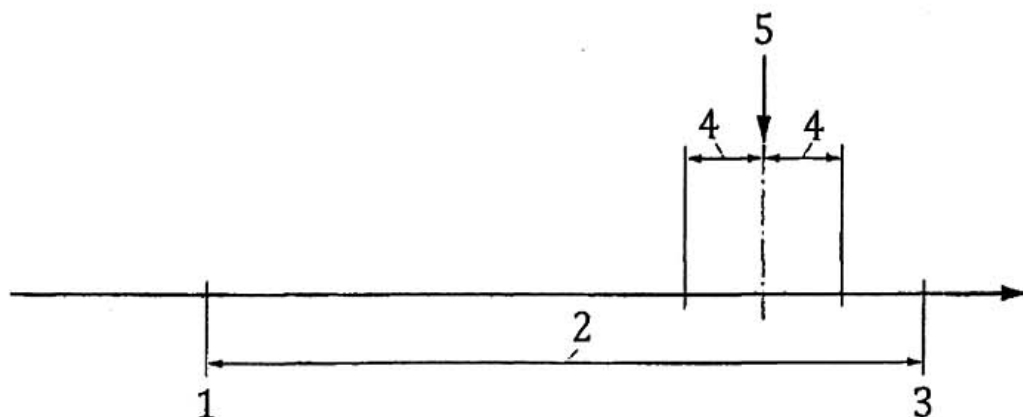
- 4) Áp suất hít vào tại điểm G,
  - 5) Áp suất tại thời điểm bắt đầu thở ra,
  - 6) Áp suất thở ra tại điểm H,
  - 7) Áp suất đỉnh hít vào (I) và áp suất đỉnh thở ra (J),
  - 8) Áp suất đỉnh-đến-đỉnh (K), và
  - 9) Độ đàn hồi;
- h) Bất cứ sai lệch nào so với phương pháp thử và điều chỉnh;
- i) Độ không đảm bảo đo.

**Phụ lục A**  
(qui định)  
**Áp dụng độ không đảm bảo đo**

**A.1 Xác định sự phù hợp**

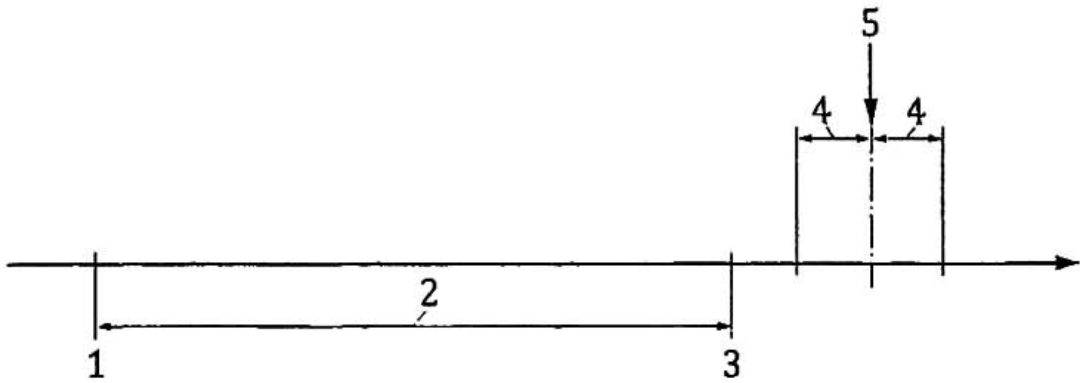
Để xác định sự phù hợp hoặc các khía cạnh khác của phép đo theo phương pháp thử này, khi so sánh với các giới hạn yêu cầu kỹ thuật đã cho trong tiêu chuẩn phương tiện bảo vệ, phải áp dụng như sau:

Nếu kết quả thử  $\pm$  độ không đảm bảo đo,  $U$ , nằm hoàn toàn vào bên trong hoặc bên ngoài vùng yêu cầu kỹ thuật đối với phép thử cụ thể được cho trong tiêu chuẩn phương tiện bảo vệ thì kết quả phải là đạt hoặc không đạt (xem Hình A.1 và A.2)

**CHÚ DẪN**

- 1 Giới hạn dưới của yêu cầu kỹ thuật
- 2 Phạm vi của yêu cầu kỹ thuật
- 3 Giới hạn trên của yêu cầu kỹ thuật
- 4 Độ không đảm bảo đo,  $U$
- 5 Giá trị đo được

**Hình A.1 – Kết quả đạt**

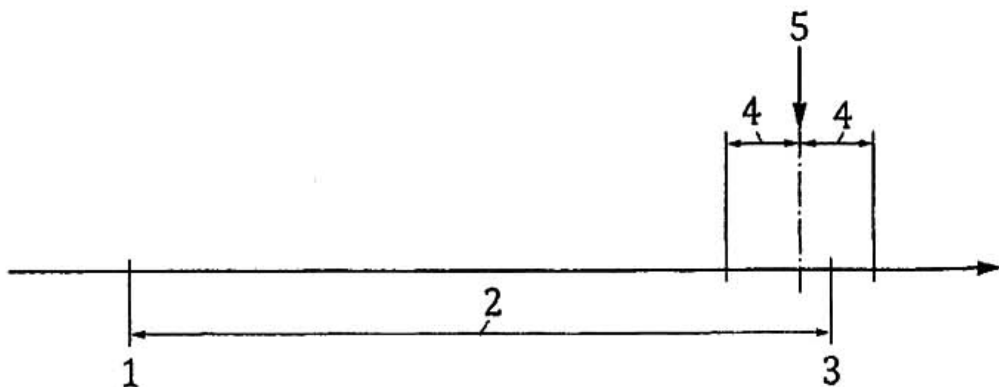


## CHÚ DẪN

- 1 Giới hạn dưới của yêu cầu kỹ thuật
- 2 Phạm vi của yêu cầu kỹ thuật
- 3 Giới hạn trên của yêu cầu kỹ thuật
- 4 Độ không đảm bảo đo,  $U$
- 5 Giá trị đo được

Hình A.2 – Kết quả không đạt

Nếu kết quả thử  $\pm$  độ không đảm bảo đo,  $U$ , nằm bên ngoài giá trị giới hạn qui định kỹ thuật (lớn hơn hoặc nhỏ hơn) đối với phép thử cụ thể được cho trong tiêu chuẩn phương tiện bảo vệ thì khi đánh giá đạt hoặc không đạt phải được xác định dựa trên an toàn của người đeo phương tiện; đó là, kết quả phải cho là không đạt (xem Hình A.3).



## CHÚ DẪN

- 1 Giới hạn dưới của yêu cầu kỹ thuật
- 2 Phạm vi của yêu cầu kỹ thuật
- 3 Giới hạn trên của yêu cầu kỹ thuật
- 4 Độ không đảm bảo đo,  $U$
- 5 Giá trị đo được

Hình A.3 – Kết quả không đạt

## Phụ lục B

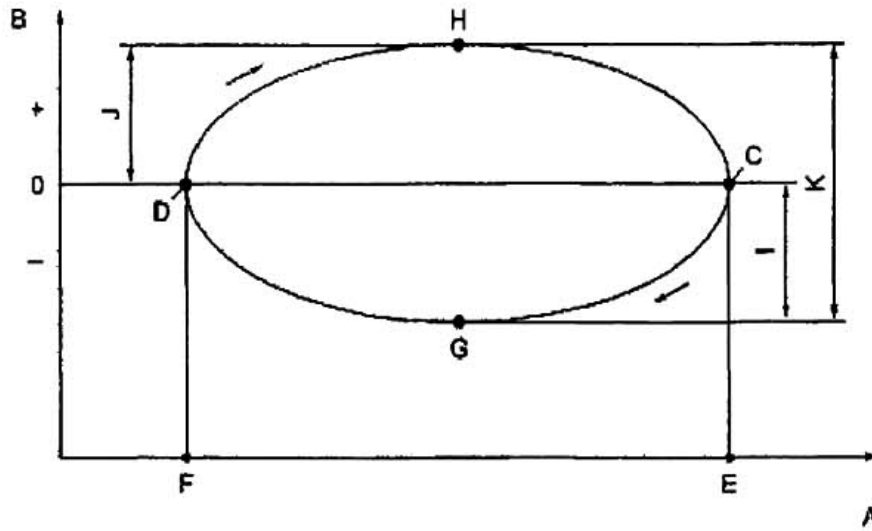
(qui định)

### Đồ thị áp suất-thể tích và phương pháp tính công thở

#### B.1 Đồ thị áp suất-thể tích

Số công cần cho một lần thở khi đeo PTBVCQHH có thể được tính từ các giá trị ghi được về áp suất và thể tích. Cách đơn giản nhất để tính là từ đồ thị biểu thị áp suất biến đổi theo thể tích. Hình B.1 chỉ rõ đồ thị áp suất-thể tích. Đồ thị lý tưởng này có thể thu được từ PTBVCQHH chỉ có sức cản dòng, ví dụ: từ PTBVCQHH loại lọc không hỗ trợ ở chế độ thông khí theo phút-thấp, hoặc từ khúc quanh từ lỗ kiểm tra. Thể tích được vẽ dọc theo trục A và áp suất được vẽ dọc theo trục B. Điểm C và D biểu thị thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc hít vào, có nghĩa là: các điểm không có dòng thở. Trong khi hít vào, áp suất giảm một cách rõ rệt và trong khi thở ra, áp suất tăng. Trong Hình B.1, hít vào được thể hiện bằng đường CGD và thở ra được thể hiện bằng đường DHC. Một lần thở hoàn chỉnh sẽ tạo thành một vòng kín.

Thể tích tăng ( $V_T$ ) là giá trị chênh lệch giữa thể tích tại điểm E và F. Điểm G là áp suất thấp nhất trong khi hít vào. Điểm H là áp suất cao nhất trong khi thở ra. Áp suất đỉnh trong khi hít vào là giá trị chênh lệch giữa áp suất tại các điểm G và C (thể hiện bằng mũi tên I). Áp suất đỉnh trong khi thở ra là giá trị chênh lệch giữa áp suất tại các điểm H và D (thể hiện bằng mũi tên J). Áp suất đỉnh-đến-đỉnh (thể hiện bằng mũi tên K) là giá trị chênh lệch giữa áp suất tại các điểm H và G.



### CHÚ DẪN

- |   |   |   |                                    |
|---|---|---|------------------------------------|
| A | trục thể tích                           | G | áp suất nhỏ nhất trong khi hít vào |
| B | trục áp suất                            | H | áp suất lớn nhất trong khi thở ra  |
| C | bắt đầu hít vào                         | I | áp suất đỉnh hít vào               |
| D | kết thúc hít vào                        | J | áp suất đỉnh thở ra                |
| E | thể tích tại thời điểm bắt đầu hít vào  | K | áp suất đỉnh-đến-đỉnh              |
| F | thể tích tại thời điểm kết thúc hít vào |   |                                    |

CHÚ THÍCH Áp suất tại điểm C được tính là 0, nhưng nó có thể là số dương, 0, hoặc số âm.

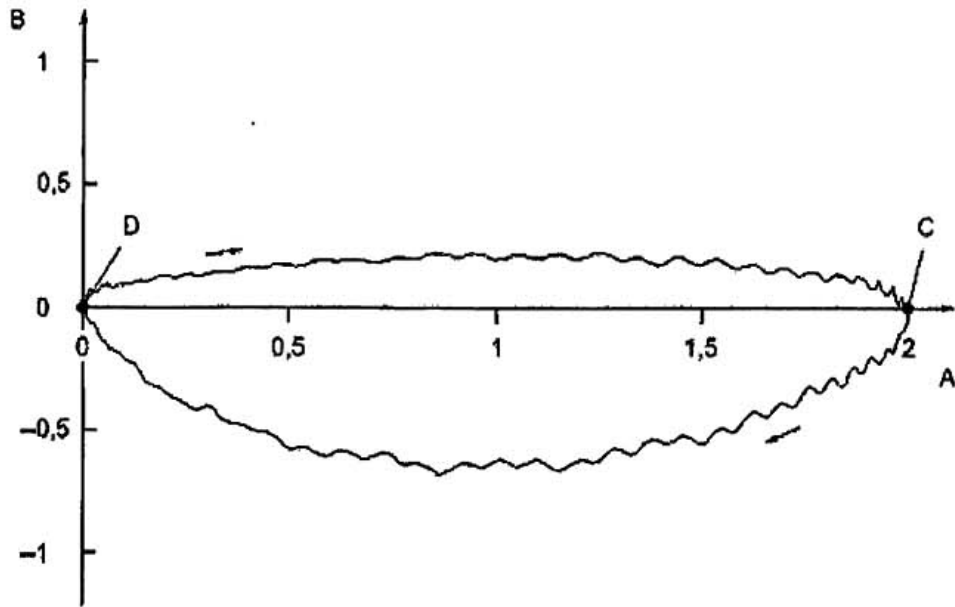
**Hình B.1 – Đồ thị áp suất-thể tích cho PTBVCQHH có sức cản dòng và độ đàn hồi bằng không**

### B.2 Đặc điểm được ghi lại trong đồ thị áp suất-thể tích

Có một số đặc điểm có thể được ghi lại trong đồ thị áp suất-thể tích.

Đồ thị áp suất-thể tích từ một PTBVCQHH loại lọc không hỗ trợ có thể có các đặc điểm trong Hình B.2. Tại thời điểm bắt đầu hít vào (điểm C), áp suất bằng "0" và khi dòng tăng lên, sức cản dòng trong PTBVCQHH (ví dụ: từ phin lọc, van kiểm tra, và đường dẫn khí) tạo ra sự giảm áp mà làm cho áp suất ở bên trong chụp hô hấp có giá trị âm. Tại thời điểm kết thúc hít vào, áp suất trở về "0". Trong khi thở ra, sức cản dòng tại van kiểm tra và đường dẫn khí tạo ra sự giảm áp sao cho áp suất bên trong chụp hô hấp là số dương. Lưu ý sự giảm áp khi hít vào và thở ra là không giống nhau.



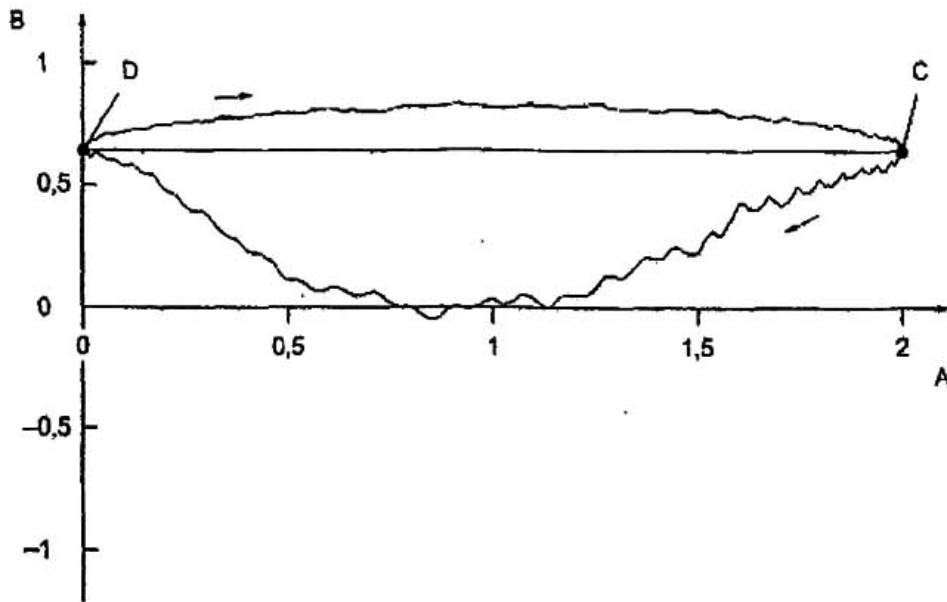


**CHÚ DẪN**

- A trực thể tích
- B trực áp suất
- C bắt đầu hít vào
- D kết thúc hít vào

**Hình B.2 – Đồ thị áp suất-thể tích từ một PTBVCQHH lọc không hỗ trợ**

Một PTBVCQHH loại lọc có hỗ trợ có thể tạo được sự thoải mái khi thở và có thể có áp suất dương lúc ban đầu. Đồ thị áp suất-thể tích cho một PTBVCQHH như vậy được thể hiện trên Hình B.3. Áp suất tại khi bắt đầu hít vào có thể cho thấy là lớn hơn "0". Trong ví dụ này, sự giảm áp nhỏ hơn "0" (áp suất âm) chỉ sau điểm giữa của hít vào.



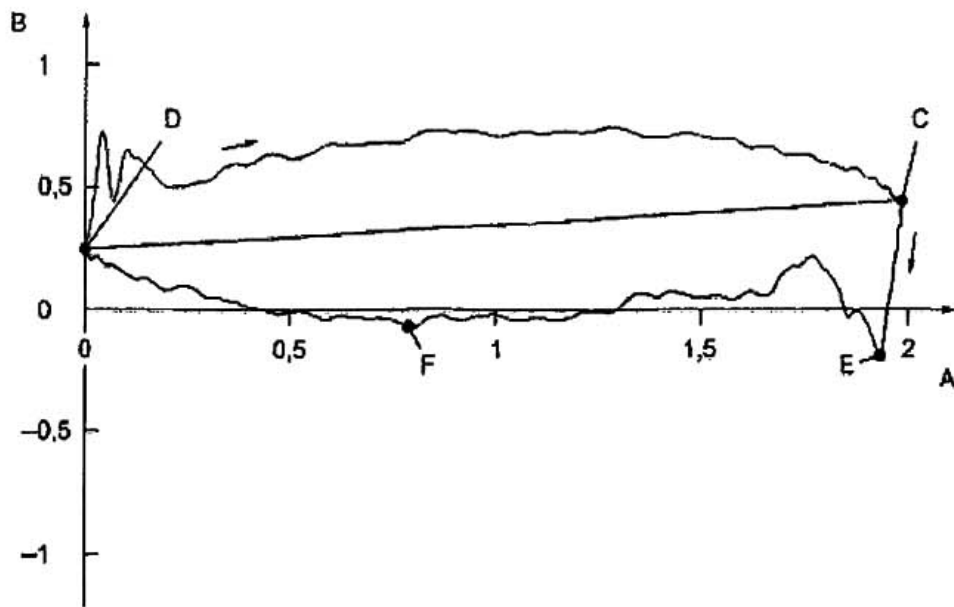
#### CHÚ DẪN

- A trực thể tích
- B trực áp suất
- C bắt đầu hít vào
- D kết thúc hít vào

Hình B.3 – Đồ thị áp suất-thể tích cho PTBVCQHH loại lọc có hỗ trợ

Hình B.4 cho thấy một ví dụ của PTBVCQHH được cấp khí thở không sử dụng khí nén. PTBVCQHH mạch đóng có thể cho thấy loại biểu đồ WOB này. Trong ví dụ đã chỉ rõ, áp suất tại điểm bắt đầu hít vào phải lớn hơn "0", nhưng có một đầu áp suất âm dễ nhận thấy. Trong ví dụ này, có nguyên nhân bởi đặc điểm tính năng của van. Trong khi điểm F ở giữa dọc theo đường cong hít vào là áp suất thấp nhất trong chu kỳ hít vào, áp suất đỉnh hít vào thấp nhất được xác định là điểm E.

Có thể thấy rằng, áp suất tại điểm D là thấp hơn tại điểm C. Điều này chỉ ra độ đàn hồi trong PTBVCQHH chu trình kín, chủ yếu do ống thổi có tác dụng đàn hồi hoặc túi và/hoặc ống mềm. Chúng có thể ngắn lại hoặc dài ra do sự thay đổi áp suất.

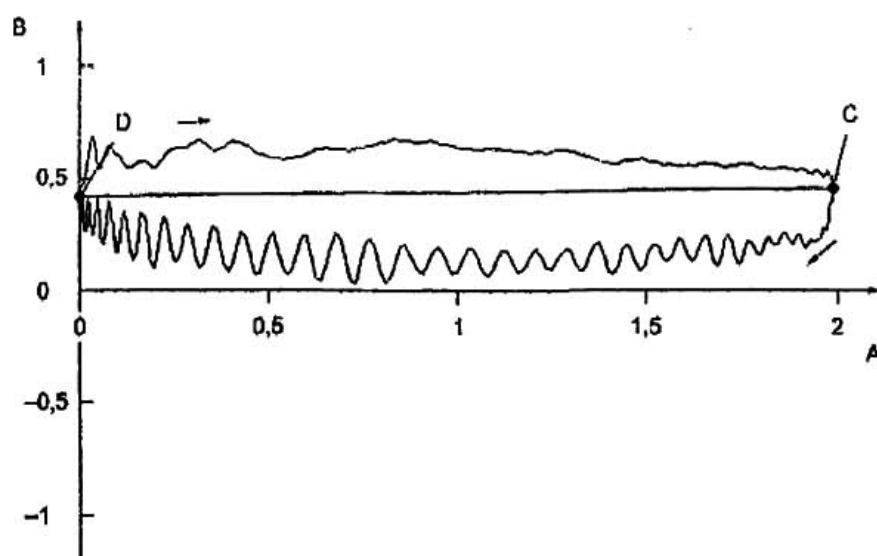


**CHÚ DẪN**

- A trực thể tích
- B trực áp suất
- C bắt đầu hít vào
- D kết thúc hít vào
- E điểm áp suất thấp
- F điểm áp suất thấp

**Hình B.4 – Đồ thị áp suất-thể tích từ PTBVCQHH được cấp khí thở, không sử dụng khí nén**

Hình B.5 cho thấy ví dụ của PTBVCQHH được cấp khí thở có sử dụng khí nén. Trong đồ thị áp suất-thể tích cụ thể này, áp suất giữ lớn hơn "0" trong suốt quá trình thở.



### CHÚ DẪN

- A trực thể tích
- B trực áp suất
- C bắt đầu hít vào
- D kết thúc hít vào

Hình B.5 – Đồ thị áp suất-thể tích từ PTBVCQHH được cấp khí thờ, có sử dụng khí nén

### B.2.1 Quan sát chung

Áp suất cần để mở van hít vào có xu hướng độc lập với chế độ thông khí theo phút. Điều này đối lập với sự giảm áp hít vào (có nguyên nhân từ sức cản dòng) làm tăng sự thông khí theo phút. Như vậy, ở chế độ thông khí theo phút thấp, áp suất đỉnh hít vào được thể hiện bằng điểm E trong Hình B.4 trong khi ở chế độ thông khí theo phút cao hơn, điểm F có xu hướng thấp hơn điểm E và như vậy, nó sẽ có áp suất đỉnh hít vào lớn hơn điểm E. Sự tăng áp suất do van có xu hướng diễn ra trong thời gian ngắn và tạo ra công tối thiểu, trong khi áp suất cản dòng có xu hướng tăng dần trong toàn bộ pha hít vào/thở ra và tạo ra nhiều công hơn.

### B.3 Phương pháp tính công thờ

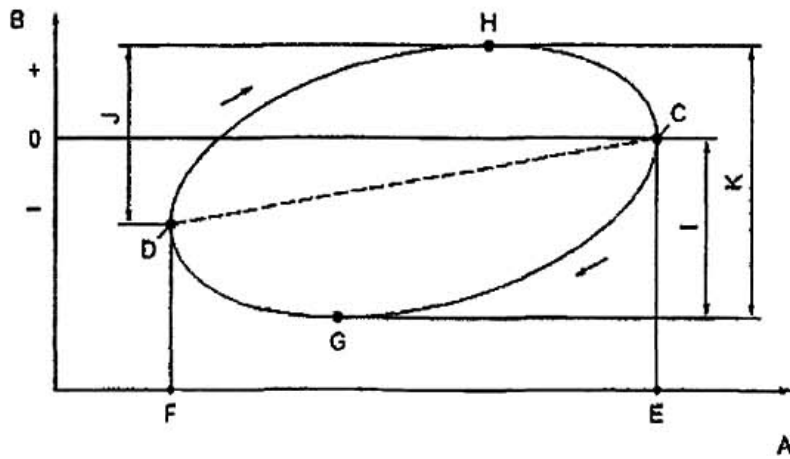
Công thờ (WOB) được tính riêng cho từng lần hít vào ( $WOB_{in}$ ) và từng lần thở ra ( $WOB_{ex}$ ).  $WOB_{in}$  được tính bằng diện tích phía trong các đường CGDC như thể hiện trong Hình B.1. Tương tự như vậy,  $WOB_{ex}$  là diện tích DHCD. Tổng WBO ( $WOB_{tot}$ ) là tổng của  $WOB_{in}$  và  $WOB_{ex}$ .

$$WOB_{tot} = WOB_{in} + WOB_{ex} \quad (B.1)$$

Áp suất trung bình theo thể tích hít vào được tính bằng  $WOB_{in}/V_T$ . Áp suất trung bình theo thể tích thở ra được tính bằng  $WOB_{ex}/V_T$ . Tổng áp suất trung bình thể tích ( $WOB_{in}/V_T$ ) được tính bằng tổng công thờ chia cho thể tích tăng ( $WOB_{tot}/V_T$ ).

Hình B.1 cho thấy đồ thị áp suất-thể tích cho PTBVCQHH chỉ có lực cản dòng. Trong trường hợp không có độ đàn hồi trong PTBVCQHH thì áp suất tại điểm C và D là bằng nhau.

Hình B.6 cho thấy đồ thị áp suất-thể tích cho PTBVCQHH có sức cản dòng và độ đàn hồi, so sánh với Hình B.1. Sự chênh lệch về áp suất giữa điểm C và D do độ đàn hồi của PTBVCQHH (ví dụ: túi và ống mềm thở có sức đàn hồi). Theo trước đó, pha hít vào thể hiện bằng đường CGD và pha thở ra thể hiện bằng đường DHC. Điểm bất kỳ dọc theo vòng tròn thở là tổng của hai áp suất; sự giảm áp do sức cản dòng và áp suất đàn hồi do sự thay đổi thể tích. Các phép tính WOB vẫn giữ không đổi.



**CHÚ DẪN**

- |   |                                    |   |                                    |
|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| A | trục thể tích                      | G | áp suất nhỏ nhất trong khi hít vào |
| B | trục áp suất                       | H | áp suất lớn nhất trong khi thở ra  |
| C | bắt đầu hít vào                    | I | áp suất đỉnh hít vào               |
| D | kết thúc hít vào                   | J | áp suất đỉnh thở ra                |
| E | thể tích tại điểm bắt đầu hít vào  | K | áp suất đỉnh-đến-đỉnh              |
| F | thể tích tại điểm kết thúc hít vào |   |                                    |

**CHÚ THÍCH** Áp suất tại điểm C được tính là 0, nhưng nó có thể là số dương, 0, hoặc số âm.

**Hình B.6 – Đồ thị áp suất-thể tích cho PTBVCQHH có sức cản dòng và độ đàn hồi**