

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN :2026

ISO 12141:2024

Xuất bản lần 1

**PHÁT THẢI TỪ NGUỒN CỐ ĐỊNH –
XÁC ĐỊNH BỤI VỚI NỒNG ĐỘ KHỐI LƯỢNG THẤP –
PHƯƠNG PHÁP TRỌNG LƯỢNG THỦ CÔNG**

Stationary source emissions –

Determination of low range mass concentration of dust – Manual gravimetric method

HÀ NỘI – 2026

Lời nói đầu

TCVN :2026 hoàn toàn tương đương ISO 12141:2024:

TCVN :2026 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 190 *Chất lượng đất* biên soạn, Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Phương pháp đo được quy định trong tài liệu này đã được phát triển trong phối hợp chặt chẽ giữa ISO/TC 146/SC 1 và CEN/TC 264, dẫn đến việc chuẩn bị các ấn bản đầu tiên của Tiêu chuẩn Quốc tế ISO 12141:2002 và Tiêu chuẩn Châu Âu EN 13284-1:2001.

Trong thời gian này, CEN/TC 264 đã chỉnh sửa EN 13284-1:2001 nhằm điều chỉnh nội dung phù hợp với trình độ kỹ thuật hiện tại. Khái niệm cơ bản của phương pháp đo không thay đổi. Trên nền tảng này và để đảm bảo khả năng so sánh kết quả đo ở cấp quốc tế, ISO/TC 146/SC 1 đã quyết định áp dụng EN 13284-1:2017 mà không thay đổi kỹ thuật. Tuy nhiên, một số điều chỉnh biên tập đã được thực hiện để phù hợp với việc áp dụng tài liệu này trên phạm vi quốc tế. Ví dụ, các tham chiếu đến EN 15259:2007 trong EN 13284-1:2017 đã được thay thế trong tài liệu này bằng các tham chiếu tương đồng về mặt kỹ thuật ISO 15259:2023.

Để đáp ứng các thông số kỹ thuật của tài liệu này, cần đạt một mức độ chính xác nhất định khi cân mẫu bụi hạt. Ở nồng độ bụi thấp, mức độ chính xác này có thể đạt được bằng:

- a) thận trọng tối đa khi cân, theo các thủ tục của tài liệu này;
- b) kéo dài thời gian lấy mẫu ở các tốc độ lấy mẫu thông thường;
- c) hoặc lấy mẫu ở tốc độ cao hơn trong thời gian lấy mẫu thông thường (lấy mẫu dung tích lớn).

Lấy mẫu dung tích lớn không thuộc phạm vi của tài liệu này vì phương pháp này không nằm trong quá trình xác thực của phương pháp đo.

Phương pháp đo quy định trong tài liệu này có thể được sử dụng để hiệu chuẩn các hệ thống đo tự động (AMS) (xem ISO 10155). Nếu khí thải chứa các chất không ổn định, phản ứng hoặc bán dễ bay hơi, việc đo lường phụ thuộc vào nhiệt độ lọc, và các phương pháp đo trong ống khói có thể phù hợp hơn các phương pháp đo ngoài ống khói cho việc hiệu chuẩn AMS.

Phát thải nguồn tĩnh – Xác định bụi với nồng độ khối lượng thấp – Phương pháp trọng lượng thủ công

Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust – Manual gravimetric method

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp tham chiếu chuẩn (SRM) để đo nồng độ thấp của bụi trong các dòng khí ống dẫn ở nồng độ dưới 50 mg/m^3 ở điều kiện tiêu chuẩn.

Tiêu chuẩn này chủ yếu được phát triển và xác nhận cho các dòng khí thải ra từ các lò đốt chất thải. Nói chung, nó có thể được áp dụng cho các khí phát ra từ các nguồn tĩnh khác và nồng độ cao hơn.

Nếu khí chứa các chất không ổn định, phản ứng hoặc bán bay hơi, phép đo phụ thuộc vào điều kiện lấy mẫu và xử lý bộ lọc.

Phương pháp này đã được xác nhận trong các thử nghiệm hiện trường với trọng tâm đặc biệt là nồng độ bụi khoảng 5 mg/m^3 . Kết quả của các thử nghiệm hiện trường được trình bày trong Phụ lục A.

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 15259:2023, *Air quality – Measurement of stationary source emissions – Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report* (Chất lượng không khí – Đo phát thải nguồn tĩnh – Yêu cầu đối với các phần và địa điểm đo lường và đối với mục tiêu đo lường, lập kế hoạch và báo cáo)

ISO 16911-1, *Stationary source emissions – Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts – Part 1: Manual reference method* (Phát thải nguồn cố định – Xác định thủ công và tự động vận tốc và tốc độ dòng thể tích trong ống dẫn – Phần 1: Phương pháp tham chiếu thủ công)

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau.

3.1

Hạt bụi (dust)

Có hình dạng, cấu trúc hoặc mật độ bất kỳ, phân tán trong pha khí tại các điều kiện điểm lấy mẫu có thể được thu thập bằng cách lọc trong các điều kiện cụ thể sau khi lấy mẫu đại diện của khí cần phân tích, và vẫn còn ở thượng nguồn của bộ lọc và trên bộ lọc sau khi sấy khô trong các điều kiện quy định

3.2

Nhiệt độ lọc (filtration temperature)

Nhiệt độ của khí được lấy mẫu ngay phía hạ lưu của bộ lọc

3.3

Lọc trong ống dẫn (in-stack filtration)

Bộ lọc trong vỏ bộ lọc của nó được đặt ngay phía hạ lưu của vòi lấy mẫu

3.4

Lọc ngoài ống (out-stack filtration)

Lọc ngoài ống dẫn với bộ lọc trong vỏ lọc được sưởi ấm được đặt xuống phía sau vòi lấy mẫu và ống hút

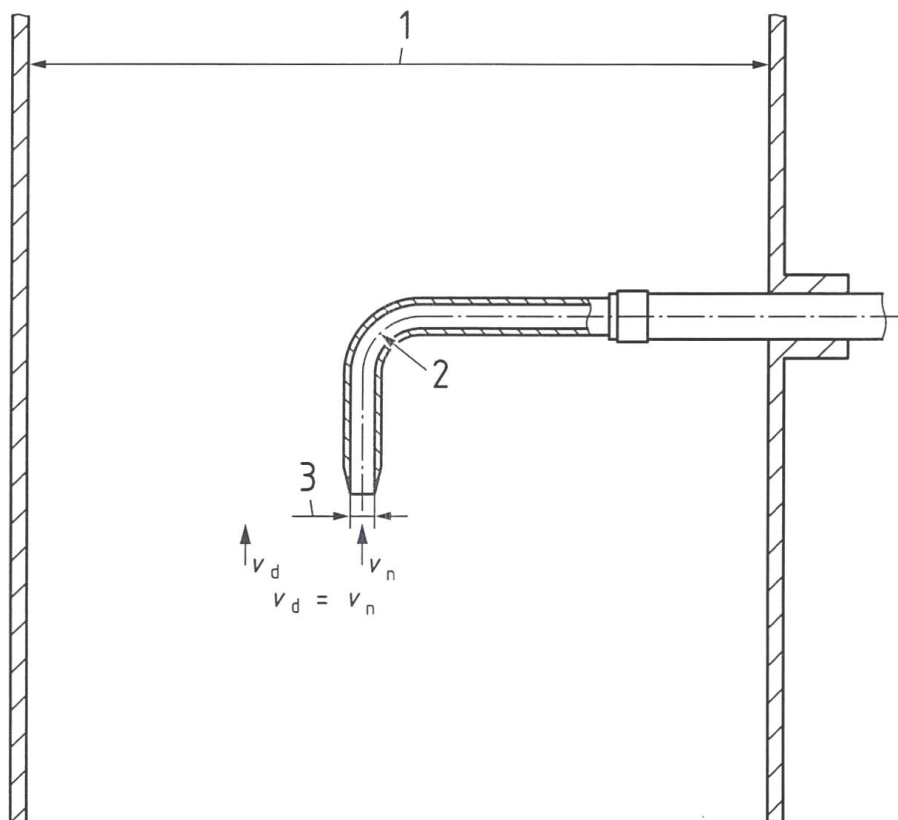
3.5

Lấy mẫu đồng vận tốc (isokinetic sampling)

Lấy mẫu ở tốc độ dòng sao cho vận tốc v và hướng của khí đi vào vòi lấy mẫu giống với vận tốc V_d và hướng của khí trong ống dẫn tại điểm đo (3.10)

Chú thích 1: Hình 1 minh họa việc lấy mẫu đồng vận tốc.

Chú thích 2: Phụ lục B cho thấy ảnh hưởng của tỷ lệ đồng vận tốc (3.6) đối với tính đại diện của các hạt thu thập được.



CHÚ DẪN:

1 Đường ống

2 bán kính của vòng uốn [tối thiểu 1,5 d_p]

3 đường kính trong của ống hút d_p

Hình 1 – Lấy mẫu đẳng động học

3.6

Tốc độ đẳng động học (isokinetic rate)

Tỷ lệ vận tốc được biểu thị bằng phần trăm như một đặc trưng của độ lệch khỏi việc lấy mẫu đẳng động học (3.5).

3.7

Đường kính thủy lực (hydraulic diameter)

d_h

thương số của bốn lần diện tích A và chu vi P của mặt phẳng đo (3.8).

$$d_h = \frac{4 \times A}{P} \quad 1)$$

[ISO 15259:2023, 3.14]

3.8

Mặt phẳng đo (measurement plane)

Mặt phẳng vuông góc với đường đi qua tâm của ống dẫn tại vị trí lấy mẫu

ISO 15259:2023, 3.13]

Chú thích 1: Mặt phẳng đo còn được gọi là mặt phẳng lấy mẫu.

3.9

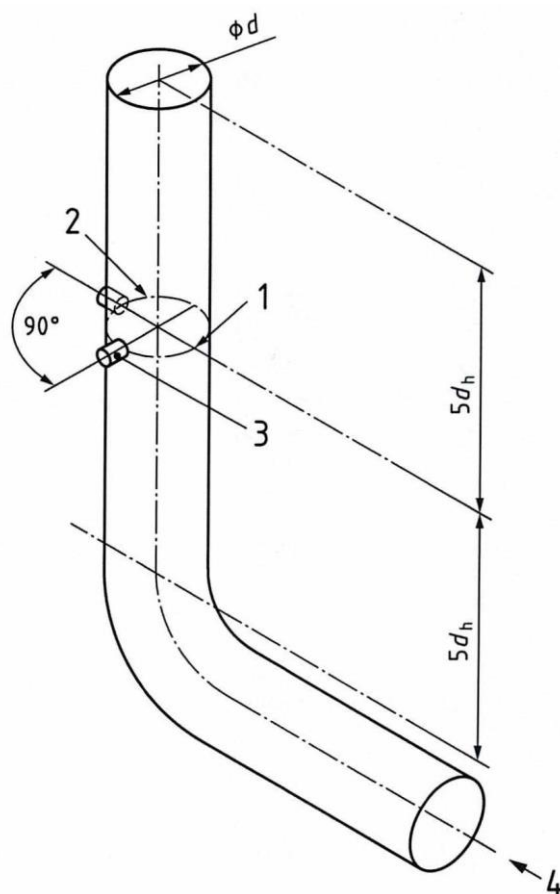
Đường đo (measurement line)

Đường thẳng trong mặt phẳng lấy mẫu, dọc theo đó các điểm lấy mẫu được đặt, được giới hạn bởi thành trong của ống dẫn.

[ISO 15259:2023, 3.15]

Chú thích 1: Đường đo còn được gọi là đường lấy mẫu.

Chú thích 2: Hình 2 minh họa các định nghĩa liên quan đến ống dẫn tròn.



CHÚ DẪN:

1 Đường đo

3 Cổng/lỗ đo

2 Mặt phẳng đo

4 Hướng dòng chảy

Hình 2 – Minh họa các định nghĩa liên quan đến ống dẫn tròn

3.10

Điểm đo (measurement point)

Vị trí trong mặt phẳng đo (3.8) nơi dòng mẫu được lấy ra hoặc dữ liệu đo được thu thập trực tiếp

[ISO 15259:2023, 3.16]

Chú thích 1: Điểm đo còn được gọi là điểm lấy mẫu.

3.11

Cửa đo (measurement port)

Lỗ mở trong ống dẫn khí thải dọc theo đường đo (3.9), qua đó có thể tiếp cận khí thải.

[ISO 15259:2023, 3.18]

Chú thích 1: Cửa đo còn được gọi là cửa lấy mẫu hoặc cửa tiếp cận.

3.12

Điều kiện tiêu chuẩn (standard conditions)

Giá trị chuẩn cho khí khô ở áp suất 101,3 kPa và nhiệt độ 273,15 K

3.13

Mẫu trắng hiện trường (field blank)

Mẫu thu được theo quy trình mẫu trắng hiện trường (3.14)

3.14

Quy trình mẫu trắng hiện trường (field blank procedure)

Quy trình được sử dụng để đảm bảo không có sự nhiễm bẩn đáng kể nào xảy ra trong tất cả các bước của phép đo.

Chú thích 1: Quy trình này bao gồm, ví dụ, việc chuẩn bị thiết bị trong phòng thí nghiệm, vận chuyển và lắp đặt thiết bị tại hiện trường cũng như công việc phân tích tiếp theo trong phòng thí nghiệm.

3.15

Giá trị mẫu trắng tại hiện trường (field blank value)

Kết quả đo được thực hiện theo quy trình mẫu trắng tại hiện trường (3.14) tại địa điểm nhà máy và trong phòng thí nghiệm.

3.16

Kiểm soát cân đo (weighing control)

Quy trình phát hiện/hiệu chỉnh sự thay đổi trọng lượng biểu kiến do những thay đổi có thể xảy ra giữa điều kiện cân trước và sau khi lấy mẫu.

3.17

Chuỗi phép đo (measurement series)

Các phép đo liên tiếp được thực hiện trên cùng một mặt phẳng đo (3.8) và trong cùng điều kiện hoạt động của quy trình công nghiệp.

3.18

Giá trị giới hạn phát thải (emission limit value)

ELV

Giá trị giới hạn được quy định trong các quy định như chỉ thị, nghị định, quy chế hành chính, giấy phép, giấy chứng nhận, giấy phép hoặc sự chấp thuận.

Chú thích 1: ELV có thể được nêu là giới hạn nồng độ được biểu thị dưới dạng giá trị trung bình nửa giờ, giờ và ngày, hoặc giới hạn lưu lượng khối lượng được biểu thị dưới dạng giá trị tổng hợp theo giờ, ngày, tuần, tháng hoặc năm.

Chú thích 2 : Đối với các mục đích không phải là mục đích quản lý, giá trị đo được so sánh với một giá trị tham chiếu đã nêu.

4 Ký hiệu và chữ viết tắt

4.1 Ký hiệu

Trong tài liệu này, các ký hiệu sau đây được áp dụng.

A	Diện tích mặt phẳng đo
c	Nồng độ bụi
d	Đường kính ống dẫn
d_h	Đường kính thủy lực
d_n	Đường kính trong của đầu lấy mẫu
d_p	Đường kính trong của ống hút
f_c	Hệ số hiệu chỉnh
h_a	Độ ẩm của khí trong điều kiện thực tế, tính theo phần trăm thể tích
h_m	Độ ẩm của khí trong điều kiện đo, tính theo phần trăm thể tích
m	Tổng khối lượng bụi thu được ở phía thượng nguồn của bộ lọc (rửa) và trên bộ lọc
o_m	Nồng độ oxy tính theo phần trăm thể tích của khí khô đo được trong ống dẫn
o_{ref}	Nồng độ oxy tham chiếu tính theo phần trăm thể tích của khí khô
P	Chu vi mặt phẳng đo
p_a	Áp suất tuyệt đối của khí trong điều kiện thực tế trong ống dẫn
p_m	Áp suất tuyệt đối của khí trong điều kiện đo tại đồng hồ đo thể tích

Q_a	Lưu lượng thể tích lấy mẫu, được biểu thị trong điều kiện thực tế trong ống dẫn
Q_m	Lưu lượng thể tích lấy mẫu đo được tại điều kiện của đồng hồ đo khí
T_a	Nhiệt độ của khí trong điều kiện thực tế trong ống dẫn, tính bằng Kelvin
T_m	Nhiệt độ của khí trong điều kiện đo tại đồng hồ đo thể tích, tính bằng Kelvin
V	Thể tích mẫu
v_d	Vận tốc của khí trong ống dẫn tại điểm đo điểm
v_n	Vận tốc của khí đi vào vòi lấy mẫu

4.2 Viết tắt

Để phục vụ mục đích của tiêu chuẩn này, các từ viết tắt sau được áp dụng.

ELV	giá trị giới hạn phát thải
PTFE	polytetrafluoroethylen

5 Nguyên tắc

Một dòng khí mẫu được trích/hút từ dòng khí chính tại các điểm đo đại diện trong một khoảng thời gian xác định, với tốc độ dòng chảy được kiểm soát đẳng động học và thể tích được đo. Bụi có trong mẫu khí được tách ra bằng một bộ lọc phẳng đã được cân trước, sau đó được sấy khô và cân lại. Các chất lắng đọng ở phía trước của bộ lọc trong hệ thống lấy mẫu cũng được thu hồi và cân. Sự tăng khối lượng của bộ lọc và khối lượng lắng đọng ở phía trước của bộ lọc được quy cho bụi thu được từ khí được lấy mẫu, cho phép tính toán nồng độ bụi.

Hai cấu hình khác nhau của hệ thống lấy mẫu có thể được sử dụng tùy thuộc vào đặc điểm của khí cần lấy mẫu (xem 7.2.2).

Các phép đo hợp lệ chỉ có thể đạt được khi:

- Dòng khí trong ống dẫn tại vị trí đo (vị trí lấy mẫu) có vận tốc đủ ổn định (xem ISO 15259);
- Việc lấy mẫu được thực hiện mà không làm nhiễu loạn dòng khí bằng vòi phun có cạnh sắc hướng vào dòng khí trong điều kiện đẳng động học;
- Các mẫu được lấy tại một số vị trí đã được chọn trước trên mặt phẳng đo, để cho phép phân bố bụi không đồng đều trong ống dẫn;
- Hệ thống lấy mẫu được thiết kế và vận hành để tránh ngưng tụ, phản ứng hóa học và giảm thiểu lượng bụi lắng đọng phía trước bộ lọc và không bị rò rỉ;
- Việc lấy mẫu được thực hiện ở nhiệt độ lọc thích hợp, ví dụ như nhiệt độ ống khói hoặc ít nhất là nhiệt độ khuyến nghị 160 °C (xem Phụ lục H);
- Lượng bụi lắng đọng phía trước bộ lọc được tính đến;

- g) Giá trị mẫu trắng không vượt quá 10 % giá trị giới hạn phát thải thấp nhất được đặt ra cho quy trình hoặc 0,5 mg/m³, tùy theo giá trị nào lớn hơn;
- h) Các quy trình lấy mẫu và cân đo được điều chỉnh phù hợp với lượng bụi dự kiến;
- i) Độ không đảm bảo mở rộng được tính toán bằng cách sử dụng dữ liệu độ không đảm bảo không vượt quá thông số kỹ thuật tương ứng trong mục tiêu đo. Đối với mục đích quản lý, độ không đảm bảo mở rộng không được vượt quá 20 % giá trị giới hạn phát thải do các cơ quan có thẩm quyền quy định, trừ khi các cơ quan có thẩm quyền quy định khác.

CHÚ THÍCH: Chỉ thị về phát thải công nghiệp của Liên minh Châu Âu (IED) chẳng hạn, quy định độ không đảm bảo tối đa cho phép là 30 % giá trị giới hạn phát thải hàng ngày (ELV) đối với các hệ thống đo bụi tự động. Điều này yêu cầu độ không đảm bảo mở rộng của SRM phải thấp hơn cho mục đích hiệu chuẩn.

Phụ lục D cung cấp tóm tắt các yêu cầu đối với việc áp dụng phương pháp đo này.

6 Lập kế hoạch đo và cách thức lấy mẫu

6.1 Lập kế hoạch đo

Việc đo lường phát thải tại một nhà máy phải được thực hiện sao cho kết quả đại diện cho lượng phát thải từ nhà máy này trong điều kiện vận hành được quy định trong mục tiêu đo và có thể so sánh được với kết quả thu được từ các nhà máy tương đương khác. Do đó, việc đo lường bụi phải được lập kế hoạch theo ISO 15259.

Trước khi thực hiện bất kỳ phép đo nào, mục đích của việc lấy mẫu và các thủ tục lấy mẫu phải được thảo luận với nhân viên nhà máy có liên quan. Bản chất của quy trình nhà máy, ví dụ như trạng thái ổn định hoặc chu kỳ, có thể ảnh hưởng đến chương trình lấy mẫu. Nếu quy trình có thể được thực hiện ở trạng thái ổn định, điều quan trọng là trạng thái này phải được duy trì trong quá trình lấy mẫu.

Ngày tháng, thời gian bắt đầu, thời lượng khảo sát và các giai đoạn lấy mẫu cũng như điều kiện vận hành nhà máy trong các giai đoạn này phải được thống nhất với ban quản lý nhà máy.

Các tính toán sơ bộ phải được thực hiện dựa trên nồng độ bụi dự kiến để xác minh rằng lượng bụi lấy mẫu dự kiến phù hợp với giá trị mẫu trắng thực tế có thể đạt được và không xảy ra hiện tượng quá tải bộ lọc (xem Phụ lục E).

Đối với thời gian lấy mẫu giới hạn ở 30 min, cần thiết cho một số mục đích thử nghiệm hoặc quy định, độ không đảm bảo của phép đo có thể tăng lên do thể tích mẫu hạn chế. Hơn nữa, việc hoàn thành lấy mẫu dọc theo hai đường kính trong vòng 30 min, ngay cả đối với các ống dẫn có kích thước trung bình, có thể yêu cầu lấy mẫu đồng thời bằng hai hoặc nhiều hệ thống lấy mẫu.

Nếu có thể, thời gian lấy mẫu có thể được kéo dài, điều này làm giảm giới hạn định lượng và cải thiện độ không đảm bảo của phép đo (xem Phụ lục E). Thời gian lấy mẫu nên được lựa chọn để giảm thiểu ảnh hưởng của các điều kiện không ổn định của nguồn phát thải tĩnh. Dựa trên mục tiêu của các phép đo và điều kiện của khí thải cần lấy mẫu, người sử dụng phải lựa chọn giữa thiết bị lọc trong ống khói

hoặc ngoài ống khói. Nếu khí trong ống dẫn có chứa các giọt nhỏ, phải sử dụng thiết bị lọc ngoài ống khói.

Phải lấy mẫu trắng tại hiện trường (xem 9.7).

Nếu không có vị trí lấy mẫu phù hợp trong nhà máy, và/hoặc các phép đo được thực hiện trong điều kiện không ổn định của nhà máy, dẫn đến tăng độ không đảm bảo của các phép đo, thì phải nêu rõ trong báo cáo.

6.2 Cách thức lấy mẫu

6.2.1 Khái quát

Việc lấy mẫu yêu cầu một khu vực đo và mặt phẳng đo phù hợp.

Mặt phẳng đo phải dễ dàng tiếp cận từ các cổng đo thuận tiện và một bộ làm việc an toàn (xem ISO 15259). Việc lấy mẫu phải được thực hiện tại một số điểm đo đủ nằm trên mặt phẳng đo như quy định trong ISO 15259.

6.2.2 Phần đo và mặt phẳng đo

Phần đo và mặt phẳng đo phải đáp ứng các yêu cầu của ISO 15259.

6.2.3 Số lượng tối thiểu và vị trí của các điểm đo

Các phép đo phải được thực hiện dưới dạng phép đo lưới.

Kích thước của mặt phẳng đo quyết định số lượng điểm đo tối thiểu. Số lượng này tăng lên khi kích thước ống dẫn tăng lên.

EN 15259 quy định số lượng điểm đo tối thiểu cần sử dụng và vị trí trên mặt phẳng đo cho các ống dẫn tròn và hình chữ nhật. Số lượng điểm đo và vị trí trên mặt phẳng đo phải được lựa chọn theo ISO 15259.

6.2.4 Cổng đo và bộ/sàn làm việc

Cần bố trí các cổng đo để tiếp cận các điểm đo được lựa chọn theo ISO 15259.

Ví dụ về các cổng đo phù hợp được nêu trong ISO 15259.

Vì lý do an toàn và thực tiễn, bộ/sàn làm việc phải tuân thủ các yêu cầu của ISO 15259.

7 Thiết bị và vật liệu

7.1 Thiết bị đo vận tốc, nhiệt độ, áp suất và thành phần khí

Thiết bị được sử dụng để đo vận tốc tại điểm nhằm thiết lập điều kiện đẳng động học phải đáp ứng các yêu cầu của ISO 16911-1.

Khi biểu thị nồng độ bụi ở điều kiện tiêu chuẩn trạng thái khô, và/hoặc khi nồng độ phải được biểu thị liên quan đến nồng độ oxy tham chiếu, thiết bị đo cần thiết phải đáp ứng các yêu cầu của các tiêu chuẩn áp dụng.

7.2 Thiết bị lấy mẫu

7.2.1 Hệ thống lấy mẫu

Hệ thống lấy mẫu chủ yếu bao gồm:

- a) thiết bị lọc bao gồm vỏ lọc và bộ lọc;
- b) vòi phun đầu vào;
- c) ống hút cho thiết bị lọc ngoài ống khói;
- d) bơm khí;

e) thiết bị đo lưu lượng khí bao gồm hệ thống làm mát và sấy khô và hệ thống điều khiển điều kiện lấy mẫu đẳng động học. Tất cả các bộ phận của hệ thống lấy mẫu tiếp xúc với khí được lấy mẫu phải được làm bằng vật liệu chống ăn mòn và, nếu cần, chịu nhiệt, ví dụ như thép không gỉ, titan, thạch anh hoặc thủy tinh.

Nếu cần phân tích thêm bụi đã thu thập, các vật liệu tiếp xúc với mẫu khí và bộ lọc phải phù hợp với mục đích sử dụng để tránh nhiễm bẩn.

Bề mặt của các bộ phận phía trước bộ lọc phải nhẵn và số lượng mối nối phải được giữ ở mức tối thiểu.

Bất kỳ sự thay đổi nào về đường kính lỗ khoan phải được làm thon đều và không được làm bậc thang.

Thiết bị lấy mẫu cũng phải được thiết kế để tạo điều kiện thuận lợi cho việc làm sạch các bộ phận bên trong phía trước bộ lọc.

Tất cả các bộ phận của hệ thống lấy mẫu tiếp xúc với khí mẫu phải được bảo vệ khỏi nhiễm bẩn, ví dụ như trong quá trình xử lý và vận chuyển.

7.2.2 Thiết bị lọc

7.2.2.1 Yêu cầu chung

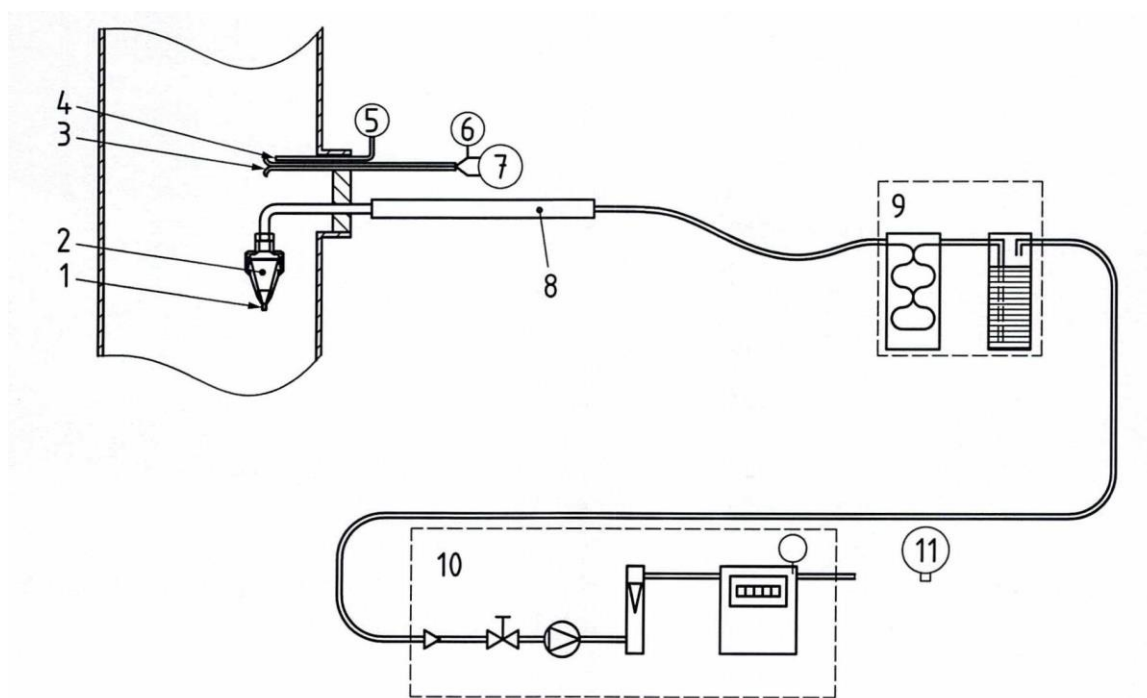
Thiết bị lọc bao gồm vỏ bộ lọc và bộ lọc. Thiết bị lọc được đặt bên trong ống khói (lọc trong ống khói) hoặc bên ngoài ống khói (lọc ngoài ống khói):

- a) Thiết bị lọc trong ống khói (xem Hình 3): Phần ống nối giữa vòi phun và bộ lọc phải ngắn, nhằm giảm thiểu lượng bụi lắng đọng phía trước bộ lọc. Do kích thước cổng tiếp cận có sẵn trên ống khói, đường kính bộ lọc thường bị giới hạn ở mức 50 mm, với lưu lượng mẫu khoảng 1 m³/h đến 3 m³/h. Vì nhiệt độ lọc thường giống với nhiệt độ của khí trong ống khói, nên bộ lọc có thể bị tắc nếu khí thải chứa các giọt nước.

Để cho phép tiếp cận tất cả các điểm đo trong ống dẫn, một ống cứng không rò rỉ có đủ độ dài (ống đỡ) được sử dụng ở phía sau của vỏ bộ lọc để hỗ trợ cơ học cho thiết bị lọc.

- b) Thiết bị lọc ngoài ống khói (xem Hình 4): Phần ống giữa vòi phun và bộ lọc (ống hút) phải có chiều dài đủ để cho phép tiếp cận tất cả các điểm đo trong ống dẫn. Ống hút và vỏ bộ lọc phải được kiểm soát nhiệt độ, giúp làm bay hơi các giọt nước có thể có hoặc tránh các khó khăn trong quá trình lọc liên

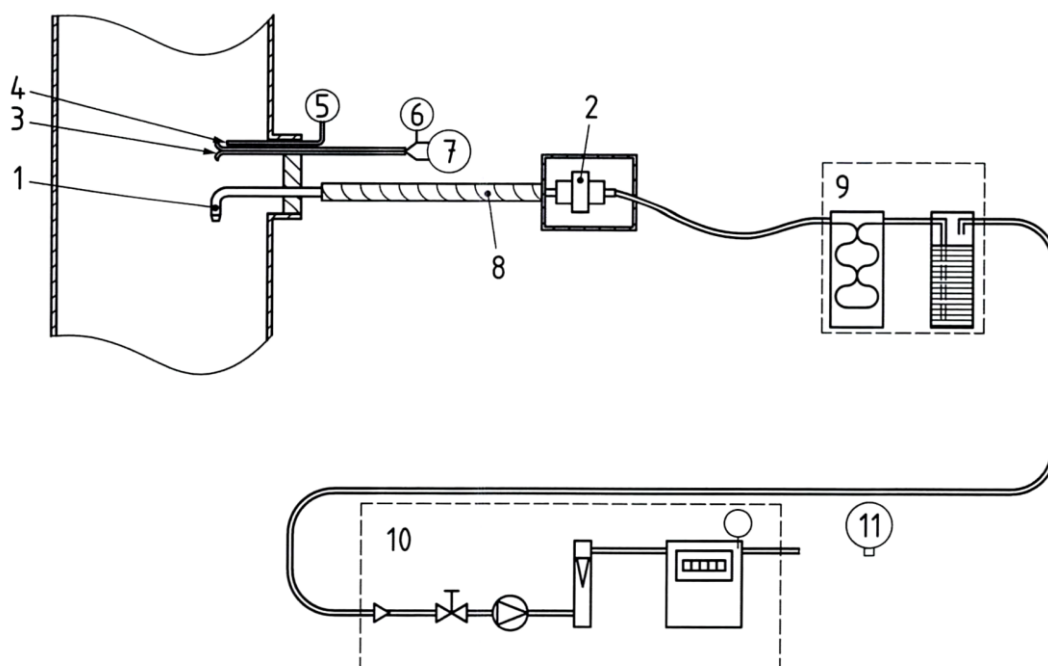
quan đến khí có điểm sương axit cao. Đường kính bộ lọc thường được sử dụng từ 50 mm đến 150 mm, với lưu lượng tương ứng từ 1 m³/h đến 10 m³/h.



CHÚ DẪN:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1 Vòi phun đầu vào | 7 Đo áp suất động |
| 2 Vỏ bộ lọc | 8 Ống đở (thiết bị trong ống khói) |
| 3 Ống Pitot | 9 Hệ thống làm mát và sấy khô |
| 4 Cảm biến nhiệt độ | 10 Bộ phận hút và thiết bị đo khí |
| 5 Đồng hồ đo nhiệt độ | 11 Đồng hồ đo áp suất |
| 6 Đo áp suất tĩnh | |

Hình 3 – Ví dụ về hệ thống lấy mẫu cho quá trình lọc trong ống khói



CHÚ DẪN

- | | |
|-----------------------|--|
| 1 Vòi phun đầu vào | 7 Đo áp suất động |
| 2 Vỏ bộ lọc | 8 Ống hút (thiết bị thoát khí) |
| 3 Ống Pitot | 9 Hệ thống làm mát và sấy khô |
| 4 Cảm biến nhiệt độ | 10 Bộ phận hút và thiết bị đo khí (xem Hình 5) |
| 5 Đồng hồ đo nhiệt độ | 11 Đồng hồ đo áp suất |
| 6 Đo áp suất tĩnh | |

Hình 4 – Ví dụ về hệ thống lấy mẫu để lọc khí thải

7.2.2.2 Vỏ lọc

Vỏ lọc là một vỏ bọc trong đó bộ lọc được lắp trực tiếp hoặc bằng cách sử dụng giá đỡ bộ lọc. Khi vỏ lọc được đặt bên ngoài ống khói, nó phải được kiểm soát nhiệt độ để duy trì điều kiện lọc và tránh ngưng tụ.

Các bộ phận cần cân trước và sau khi lấy mẫu phải là:

- a) Bộ lọc, hoặc bộ lọc cùng với giá đỡ bộ lọc. Trong trường hợp này, lượng bụi lắng đọng ở đầu vào của vỏ lọc phải được thu hồi và cân (xem 9.6).

Việc sử dụng vỏ lọc có đầu vào hình nón với góc nhỏ hơn 30° giúp giảm thiểu lượng bụi lắng đọng.

- b) Bộ lọc, phần đầu vào của vỏ lọc và các bộ phận phía trước (ví dụ: vòi phun). Trong trường hợp này, lượng bụi lắng đọng phía trước của bộ lọc được tính trực tiếp. Cần kiểm tra xem các bộ phận cần cân có tương thích với phạm vi của cân hay không (xem 8.3).

Vỏ lọc và giá đỡ lọc phải được thiết kế sao cho không xảy ra hiện tượng nhiễu loạn khí gần các mối nối.

7.2.2.3 Bộ lọc

Các bộ lọc được sử dụng phải đáp ứng các yêu cầu tối thiểu sau:

- hiệu suất lọc phẳng tốt hơn 99,5 % trên mẫu khí dung thử nghiệm có đường kính hạt trung bình là 0,3 μm , ở tốc độ dòng chảy tối đa dự kiến, hoặc tốt hơn 99,9 % trên mẫu khí dùng thử nghiệm có đường kính hạt trung bình là 0,6 μm . Hiệu suất này phải được nhà cung cấp bộ lọc chứng nhận;
- vật liệu lọc không được phản ứng hoặc hấp thụ các hợp chất khí có trong khí cần lấy mẫu, và phải ổn định nhiệt, có tính đến nhiệt độ tối đa dự kiến (ví dụ: để điều hòa và lấy mẫu).

Việc lựa chọn bộ lọc cũng cần xem xét các yếu tố sau:

- sự giảm áp suất của bộ lọc và sự tăng áp suất do việc thu gom bụi trong quá trình lấy mẫu. Điều này phụ thuộc vào loại bộ lọc. Ví dụ, sự giảm áp suất có thể nằm trong khoảng từ 3 kPa đến 10 kPa đối với tốc độ lọc trong khoảng 0,5 m/s;
- Khi sử dụng bộ lọc có chất kết dính hữu cơ, cần lưu ý đến sự thay đổi trọng lượng có thể xảy ra do mất chất kết dính do bay hơi khi gia nhiệt;
- Bộ lọc sợi thủy tinh có thể phản ứng với các hợp chất axit như SO_3 , dẫn đến tăng khối lượng; không nên sử dụng chúng;
- Mặc dù có tính chất cơ học yếu, bộ lọc sợi thạch anh đã được chứng minh là hiệu quả trong hầu hết các trường hợp;
- Bộ lọc PTFE cũng đã được chứng minh là hiệu quả, tuy nhiên nhiệt độ tối đa cho phép của khí đi qua bộ lọc bị hạn chế (xem Bảng 1).

Nếu dự kiến xác định thành phần của bụi thu được, việc lựa chọn vật liệu lọc cần phải tính đến giá trị mẫu trắng của bộ lọc đối với các hợp chất liên quan.

Bảng 1 cung cấp tổng quan về vật liệu lọc, ưu điểm và hạn chế của chúng.

Bảng 1 – Vật liệu lọc, ưu điểm và hạn chế của chúng

Vật liệu	Độ bền	Giới hạn
Xenlulo nitrat		- không được tiếp xúc với nhiệt độ trên 125 °C - khả năng lọc bụi thấp
PTFE3 ^a	- hiệu quả đã được kiểm chứng - không dễ bị mất sợi	- không chịu được nhiệt độ trên 230 °C - kém bền về mặt cơ học - dễ bị cong vênh trong quá trình ổn định mẫu trong tủ sấy - tính điện có thể ảnh hưởng đến kết quả cân
Sợi thủy tinh	- đặc tính cơ học tốt	- phản ứng với các hợp chất có tính axit, như SO_3 - không được tiếp xúc với nhiệt độ trên 200 °C

Sợi thạch anh	- ổn định về mặt nhiệt - chịu được các phản ứng hóa học với khí thải, như HF, HCl, SO₂, SO₃, H₂SO₄, NO và NO₂	- có thể xảy ra tình trạng mất sợi - tính chất cơ học kém - không chịu được nhiệt độ trên 700 °C
^a PTFE có thể chịu được nhiệt độ lên tới 230°C. Tuy nhiên, một số nhà sản xuất quy định giới hạn nhiệt độ thấp hơn, chẳng hạn như mức giới hạn 120°C.		

Các bộ lọc cắt bằng laser có cạnh nhô lên do tác động của tia laser làm nóng vật liệu lọc. Vì lý do này, các bộ lọc cắt bằng laser có thể bị hao hụt vật liệu do hư hỏng cơ học ở cạnh được nung chảy khi bộ lọc được kẹp trong giá đỡ bộ lọc và được lấy ra khỏi giá đỡ để cân.

7.2.3 Vòi phun đầu vào

Dòng khí mẫu cần đo đi vào hệ thống lấy mẫu thông qua vòi phun. Vòi phun được kết nối với ống hút hoặc với vỏ bộ lọc.

Để cho phép lấy mẫu đẳng động học của các khí chảy ở nhiều vận tốc khác nhau (ví dụ: 3 m/s đến 50 m/s) mà không làm thay đổi đáng kể lưu lượng khí mẫu, thiết bị lấy mẫu phải được trang bị một bộ vòi phun có đường kính khác nhau.

Vòi phun đầu vào phải nhọn để không làm nhiễu dòng khí chính. Phụ lục C trình bày chi tiết bốn thiết kế đã được chứng minh.

Các thiết kế khác được cho phép, miễn là chúng được xác nhận cho kết quả tương đương.

Độ không đảm bảo của diện tích tại đầu vào vòi phun phải nhỏ hơn 5 % để đáp ứng tiêu chí lấy mẫu đẳng động học. Vì lý do này, nên sử dụng vòi phun có đường kính trong lớn hơn 8 mm. Để giảm thiểu sự nhiễu loạn dòng khí gần đầu vòi phun, các yêu cầu sau đây cũng phải được áp dụng:

- Đường kính trong của vòi phun phải không đổi trong chiều dài tối thiểu bằng một đường kính trong, hoặc ít nhất 10 mm tính từ đầu vòi phun, tùy theo giá trị nào lớn hơn;
- bất kỳ sự thay đổi nào về đường kính lỗ phải được làm thon và có góc hình nón không được vượt quá 30°;
- chỉ được phép uốn cong sau chiều dài thẳng tối thiểu 30 mm; bán kính của chúng phải ít nhất gấp 1,5 lần đường kính trong;
- bất kỳ sự thay đổi nào về đường kính ngoài của các bộ phận hệ thống lấy mẫu nằm cách đầu vòi phun dưới 50 mm phải được làm thon và có góc hình nón không được vượt quá 30°;
- Các vật cản liên quan đến hệ thống lấy mẫu là:
 - 1) bị cấm ở phía trước đầu vòi phun;
 - 2) được phép ở bên cạnh và phía sau đầu vòi phun, khi nằm ở khoảng cách ít nhất 50 mm hoặc một lần kích thước của vật cản, tùy theo giá trị nào lớn hơn.

7.2.4 Ống hút cho thiết bị lọc khí thải

Ống hút phải có bề mặt bên trong nhẵn và được thiết kế để dễ dàng kiểm tra và làm sạch cơ học. Ống phải được điều khiển nhiệt độ để duy trì các điều kiện đã định cho việc lọc khí.

7.2.5 Bộ phận hút

Bộ phận hút (bơm khí) phải kín, chống ăn mòn và có khả năng hút lưu lượng định mức tối đa trong điều kiện lấy mẫu (chân không ở phía hút xuống đến ví dụ 40 kPa). Việc điều chỉnh rộng rãi lưu lượng lấy mẫu phải được điều khiển bằng van điều chỉnh và/hoặc đường vòng. Một van ngắt cũng phải có sẵn để ngắt dòng khí qua hệ thống lấy mẫu.

7.2.6 Thiết bị đo khí

Có thể sử dụng hai loại hệ thống đo khí sau:

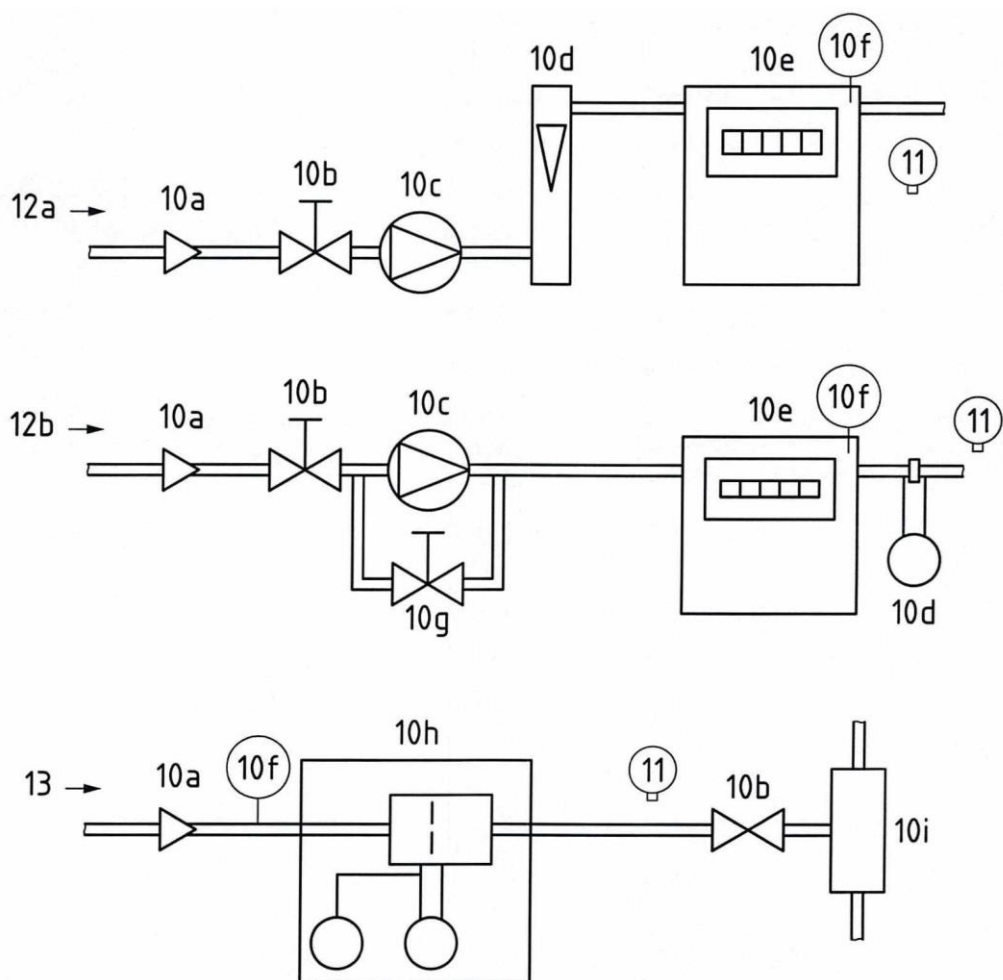
a) đo lưu lượng trên cơ sở khô (xem Hình 5):

- 1) bình ngưng và/hoặc tháp sấy khí;
- 2) bơm kín khí;
- 3) Lưu lượng kế, nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc điều chỉnh lưu lượng, được hiệu chuẩn so với lưu lượng kế thể tích khí khô;
- 4) Đồng hồ đo thể tích khí khô (độ không đảm bảo mở rộng tối đa 5,0 % ở tốc độ dòng chảy dự kiến) kèm theo đo áp suất và nhiệt độ tuyệt đối (độ không đảm bảo mở rộng tối đa 2,0 % cho mỗi thông số);

b) Đo tốc độ dòng chảy trên cơ sở khí ướt (xem Hình 5):

- 1) Ống gia nhiệt, để ngăn ngừa sự ngưng tụ khí mẫu ở phía thượng nguồn;
- 2) Tấm chắn lỗ hoặc thiết bị tương đương (đồng hồ đo lưu lượng), độ không đảm bảo mở rộng tối đa 10,0 % của tốc độ dòng chảy dự kiến; độ không đảm bảo mở rộng của các giá trị đo được của nhiệt độ và áp suất (tuyệt đối và chênh lệch) không được vượt quá 2,0 % cho mỗi thông số;
- 3) Bộ phun khí nén hoạt động như thiết bị hút;
- 4) Thiết bị đo áp suất không khí.

Các loại hệ thống khác được cho phép, miễn là các bộ phận cấu thành đáp ứng các yêu cầu được quy định trong điều khoản này.



CHÚ DẪN

10a Van ngắt	10g Van điều khiển đường vòng
10b Van điều chỉnh	10h Đĩa/tấm tiết lưu được gia nhiệt
10c Bơm	10i Bộ phun khí nén
10d Đồng hồ đo lưu lượng	11 Đồng hồ đo áp suất
10e Đồng hồ đo thể tích khí khô	12a Khí khô
10f Bộ chỉ thị nhiệt độ	12b Khí khô
10f Bộ chỉ thị nhiệt độ và áp suất	13 Khí ẩm

Hình 5 – Ví dụ về thiết bị hút và thiết bị đo khí

7.3 Phụ kiện thu hồi cặn bụi

Các phụ kiện sau đây có thể được sử dụng để thu hồi cặn bụi:

- nước tinh khiết (khử ion và lọc có cặn khô 1,0 mg/lít hoặc ít hơn)
- axeton (loại pA có cặn khô 1,0 mg/lít hoặc ít hơn);
- các thùng chứa có kích thước phù hợp (ví dụ: 250 ml) để chứa và vận chuyển dung dịch rửa;

d) nút bịt (chống axeton) để bịt kín ống hút.

7.4 Thiết bị để điều chỉnh và cân đo

Các thiết bị sau đây có thể được sử dụng để điều chỉnh và cân đo:

- a) các thùng chứa cân cho quy trình làm khô dung dịch rửa. Khối lượng phải phù hợp với cân được sử dụng. Thủy tinh và gốm sứ đã được chứng minh là vật liệu phù hợp. Vật liệu nhựa không được khuyến nghị;
- b) Bình hút ẩm: đặt trong phòng cân, có chất hút ẩm (gel silica, canxi clorua);
- c) Lò sấy: lò sấy phòng thí nghiệm, được kiểm soát nhiệt độ trong phạm vi $\pm 5^{\circ}\text{C}$;
- d) Cân: độ phân giải từ 0,01 mg đến 0,1 mg, phạm vi phải tương thích với khối lượng của các chi tiết cần cân (xem 7.2.2.2). Tùy thuộc vào vị trí phòng cân, cần đặc biệt chú ý để tránh sự không ổn định của kết quả đo do rung, luồng gió và biến đổi nhiệt độ;

CHÚ THÍCH Độ không đảm bảo khi cân không chỉ liên quan đến đặc tính của cân mà còn liên quan đến toàn bộ quy trình. (xem Phụ lục E).
- e) Nhiệt kế và máy đo độ ẩm đặt gần cân;
- f) đồng hồ đo áp suất;
- g) tùy thuộc vào quy trình bay hơi, cần phải có chụp hút và tấm gia nhiệt để làm bay hơi dung dịch rửa.

8 Quy trình cân

8.1 Yêu cầu chung

Tùy thuộc vào loại hệ thống lấy mẫu được sử dụng, các bộ phận cần cân có thể là bộ lọc có hoặc không có giá đỡ bộ lọc, hoặc cũng có thể bao gồm tất cả các bộ phận phía trước bộ lọc.

Tùy thuộc vào quy trình được sử dụng, dung dịch rửa có thể được làm bay hơi và cân trong cùng một thùng chứa hoặc được chuyển sang thùng chứa nhỏ hơn để cân.

8.2 Chuẩn bị trước khi lấy mẫu

Nếu vỏ bộ lọc là một phần của các bộ phận cần cân, bề mặt bên ngoài phải được làm sạch trước khi cân.

Các phần đã cân phải được sấy khô trong lò sấy ít nhất 1 h trước khi lấy mẫu ở nhiệt độ cao hơn ít nhất 20°C so với nhiệt độ tối đa đạt được trong quá trình lấy mẫu và xử lý sau khi lấy mẫu (xem Phụ lục H).

Nhiệt độ được sử dụng trong quá trình điều chỉnh trước khi cân phải được ghi trong báo cáo đo.

Các bộ lọc và/hoặc các vật chứa để cân được làm nguội đến nhiệt độ môi trường trong bình hút ẩm đặt trong phòng cân trong ít nhất 4 h. Đối với các bộ phận lớn hơn, ví dụ như vật chứa để cân, thời gian có thể lên đến 12 h.

8.3 Cân

Vì nồng độ bụi được xác định bằng sự khác biệt giữa các trọng lượng, cần phải hết sức cẩn thận để tránh các lỗi cân liên quan đến sự trôi lệch của cân, sự cân bằng nhiệt độ không đủ của các bộ phận cân cân và sự thay đổi khí hậu (xem ví dụ trong Phụ lục F). Do đó, trước khi thực hiện bất kỳ phép đo nào, người sử dụng phải xác nhận lại quy trình cân của họ (xem 8.6). Khuyến nghị sử dụng cùng một loại cân cho cả việc cân trước và cân sau.

Trước mỗi loạt cân:

- a) Cân kiểm tra cân bằng các quả cân chuẩn;
- b) Việc kiểm tra bổ sung phải được thực hiện bằng cách cân các bộ phận kiểm soát, giống hệt với các bộ phận được sử dụng trong phép đo, được xử lý trước trong cùng điều kiện kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm và được giữ sạch sẽ, không bị nhiễm bẩn;
- c) Điều kiện khí hậu trong phòng phải được ghi lại.

Khi cân các bộ phận có thể tích lớn (ví dụ: cốc đong), nhiệt độ và áp suất không khí có thể ảnh hưởng đến trọng lượng biểu kiến, điều này có thể được phát hiện bằng cách sử dụng trọng lượng tham chiếu của các bộ phận kiểm soát. Trong những điều kiện này, phải áp dụng các hiệu chỉnh cân, dựa trên sự thay đổi trọng lượng biểu kiến của bộ phận kiểm soát của từng loại (bộ lọc có giá đỡ bộ lọc, thùng chứa, v.v.) hoặc bằng cách tính toán ảnh hưởng của sự thay đổi áp suất không khí dựa trên các đặc tính tính năng đã được xác định trước đó bởi mỗi phòng thí nghiệm thử nghiệm.

Cũng cần lưu ý đến sự tăng hoặc giảm trọng lượng do:

- điện tích tĩnh điện, gây ra các kết quả đo không ổn định và có thể phải được xả/trung hòa (tắm kim loại, súng bắn ion);
- đặc tính hút ẩm của vật liệu lọc và/hoặc bụi;
- Sự chênh lệch nhỏ về nhiệt độ giữa bộ phận cân cân và môi trường có thể làm ảnh hưởng đến sự cân bằng.

Việc cân phải được thực hiện trong vòng 3 mm sau khi lấy ra khỏi bình hút ẩm. Cần lấy ba lần đo ở các vị trí 1 mm, 2 mm và 3 mm. Nếu phát hiện thấy sự gia tăng đáng kể, mẫu phải được đặt lại vào bình hút ẩm trong ít nhất 4 h và sau đó lặp lại quy trình cân. Khối lượng tham chiếu khô sau đó phải được tính toán bằng cách ngoại suy về thời điểm “không”.

8.4 Xử lý các bộ phận đã cân sau khi lấy mẫu

Nếu vỏ lọc là một phần của các bộ phận cân cân, bề mặt bên ngoài phải được làm sạch trước khi cân.

Các bộ phận đã cân phải được sấy khô sau khi lấy mẫu trong lò sấy trong ít nhất 1 h ở 160 °C. Sau đó, chúng phải được cân bằng với nhiệt độ môi trường như mô tả trong 8.2. Vì những lý do cụ thể được trình bày trong báo cáo đo, có thể chọn nhiệt độ thông thường thay thế cho việc xử lý sau khi lấy mẫu (xem Phụ lục H).

Nhiệt độ sử dụng trong quá trình điều hòa phải được ghi rõ trong báo cáo đo.

8.5 Xử lý dung dịch rửa sau khi lấy mẫu

Tất cả các dung dịch rửa (nước và axeton) từ tất cả các bộ phận phía trước bộ lọc như mô tả trong 9.6 phải được đưa đến phòng thí nghiệm để xử lý tiếp. Phải cẩn thận để tránh bị nhiễm bẩn.

Các dung dịch phải được chuyển cẩn thận vào các thùng chứa đã được làm khô và cân trước (xem 8.1). Trong quá trình bay hơi, hỗn hợp dung môi không được đun sôi. Vì thể tích dung dịch giảm đi trong quá trình bay hơi, có thể sử dụng các bình nhỏ trước khi cho vào thùng chứa cân cuối cùng.

CHÚ THÍCH: Các phương pháp đã được chứng minh để làm bay hơi dung dịch rửa là:

- a) bay hơi trong lò nung ở 120 °C ở áp suất môi trường;
- b) bay hơi trong hệ thống kín (bình hút ẩm). Nhiệt độ ban đầu được đặt ở 90 °C và áp suất được giảm xuống 40 kPa (tuyệt đối). Đôi khi, nhiệt độ được tăng lên và áp suất được giảm xuống. Trong giai đoạn cuối cùng, chúng được giữ ở nhiệt độ 140 °C và áp suất 20 kPa (tuyệt đối).

Sau khi bay hơi, các dụng cụ cân phải được đặt trong lò sấy trong ít nhất 1 h ở 160 °C, sau đó làm nguội đến nhiệt độ môi trường như mô tả trong 8.2. Vì những lý do cụ thể sẽ được trình bày trong báo cáo đo, có thể chọn nhiệt độ thông thường thay thế cho quá trình xử lý sau khi lấy mẫu (xem Phụ lục H).

Từ các dung môi được sử dụng, ít nhất một giá trị mẫu trắng từ cùng một lô phải được xác định, để có thể hiệu chỉnh.

8.6 Cải tiến quy trình cân đo

Kinh nghiệm cho thấy rằng độ không đảm bảo của phép cân không chỉ liên quan đến hiệu suất của cân mà còn liên quan đến toàn bộ quy trình được áp dụng. Do đó, trước khi thực hiện bất kỳ phép đo nào, người sử dụng phải thiết lập và xác nhận quy trình của riêng mình, có tính đến thiết bị lấy mẫu và bộ lọc được sử dụng. Việc cân lặp lại cùng một bộ phận, trải dài trong vài tuần ở các điều kiện khác nhau, ví dụ như nhiệt độ môi trường, áp suất không khí và độ ẩm, cung cấp thông qua độ lệch chuẩn một ước lượng về độ chính xác thực tế của việc cân, bao gồm cả những bất định liên quan đến ví dụ như thao tác với bộ lọc và thời gian cân bằng.

Kết quả được sử dụng làm ước tính ban đầu về giá trị mẫu trắng tại hiện trường và cung cấp phương tiện để tính toán thể tích khí cần lấy mẫu, nhằm thu được dữ liệu có ý nghĩa, có tính đến phạm vi nồng độ bụi dự kiến (xem Phụ lục E).

Nếu độ chính xác thực tế của việc cân không đủ, việc cân có thể được cải thiện bằng cách kiểm soát các thông số ảnh hưởng, ví dụ như trong môi trường được kiểm soát khí hậu.

9 Quy trình lấy mẫu

9.1 Chuẩn bị

Thiết bị phải được làm sạch, chuẩn bị và kiểm tra trước khi di chuyển đến địa điểm. Cần cẩn thận không được tái sử dụng bất kỳ bộ phận nào của hệ thống lấy mẫu đã được sử dụng trước đó để lấy mẫu nồng độ bụi cao mà không tháo rời và làm sạch kỹ. Tùy thuộc vào chương trình đo, các bộ lọc và các bộ phận liên quan cần được cân phải được chuẩn bị cho mỗi loạt phép đo.

Tiến hành cân các bộ phận theo Điều 8.

Tất cả các bộ phận đã cân, ống hút và các bộ phận khác của thiết bị sẽ tiếp xúc với mẫu và sẽ được rửa sạch sau đó phải được bảo vệ khỏi sự nhiễm bẩn trong quá trình vận chuyển và lưu trữ.

9.2 Xử lý bộ lọc

Việc xử lý bộ lọc có thể là nguồn gây ra độ không đảm bảo lớn trong việc đo bụi, thường dẫn đến hư hỏng cấu trúc của bộ lọc và khả năng mất vật liệu từ bộ lọc. Do đó, việc xử lý bộ lọc phải được giảm thiểu đến mức tối đa.

Bất cứ khi nào có thể, các bộ lọc nên được lắp đặt vào các giá đỡ bộ lọc riêng lẻ tại cơ sở cố định của phòng thí nghiệm thử nghiệm, trước khi được vận chuyển đến địa điểm đo. Mỗi bộ lọc cùng với giá đỡ bộ lọc của nó phải được đặt trong một hộp chứa riêng để vận chuyển.

Tại địa điểm đo, bộ lọc trong giá đỡ bộ lọc được lấy ra khỏi hộp chứa và đặt vào vỏ bộ lọc. Sau khi lấy mẫu, bộ lọc cùng với giá đỡ bộ lọc được lấy ra khỏi vỏ bộ lọc và đặt lại vào hộp chứa để vận chuyển đến phòng thí nghiệm.

CHÚ THÍCH 1: Bộ lọc trong giá đỡ bộ lọc bảo vệ bộ lọc khỏi hư hỏng cấu trúc có thể do xử lý và ảnh hưởng của điều kiện xung quanh.

Trong trường hợp lọc trong ống khói, bộ lọc trong giá đỡ bộ lọc có thể được kết hợp với vỏ bộ lọc và vòi phun đầu vào tạo thành một đơn vị lọc. Nếu sử dụng một giá đỡ bộ lọc tại chỗ cho nhiều bộ lọc, cần thực hiện các biện pháp để ngăn ngừa hư hỏng bộ lọc do thao tác và để ngăn ngừa ảnh hưởng của điều kiện môi trường xung quanh lên bụi thu được trên bộ lọc, như gió mạnh và mưa.

CHÚ THÍCH 2: Giá đỡ bộ lọc kẹp bộ lọc bằng vòng kẹp có thể gây hư hỏng cơ học, dẫn đến hư hỏng cấu trúc của bộ lọc, gây mất vật liệu lọc trong quá trình lấy mẫu.

CHÚ THÍCH 3: Có nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng để xử lý và cân bộ lọc sau khi lấy mẫu. Bộ lọc trong giá đỡ có thể được tháo ra khỏi giá đỡ và cân, cần đảm bảo rằng bất kỳ vật liệu lọc rời nào bám vào giá đỡ cũng được tháo ra và cân. Ngoài ra, giá đỡ và bộ lọc có thể được cân như một đơn vị kết hợp. Các bộ lọc trong các đơn vị lọc kết hợp được cân cùng nhau.

CHÚ THÍCH 4: Kinh nghiệm cho thấy bộ lọc có thể chứa vật liệu rời. Bộ lọc có thể được xử lý sơ bộ bằng cách hút không khí sạch xung quanh qua bộ lọc trong một khoảng thời gian và tốc độ dòng chảy nhất định để đảm bảo không xảy ra mất vật liệu lọc thêm sau khi xử lý sơ bộ. Nếu thực hiện thổi sơ bộ các bộ lọc, các bộ lọc sau đó được lắp vào giá đỡ bộ lọc theo cùng hướng để lấy mẫu, như khi chúng được thổi sơ bộ.

9.3 Đo lường sơ bộ

Việc đo bụi có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các đầu đo đơn giản không có thiết bị đo vận tốc hoặc bằng các đầu đo kết hợp (lấy mẫu khí thải và đo vận tốc đồng thời tại mỗi điểm đo). Phương pháp ưu tiên là sử dụng các đầu đo kết hợp với lưu lượng lấy mẫu đẳng động học được tính toán từ phép đo vận tốc thực tế. Đối với các quy trình ổn định, có thể sử dụng đầu đo đơn giản. Lưu lượng lấy mẫu đẳng động học sau đó được tính toán từ hồ sơ vận tốc đã thiết lập trước đó. Việc lựa chọn đường kính vòi phun phụ thuộc vào công suất của bơm cũng như các điều kiện khí thải (ví dụ: vận tốc, nhiệt độ và độ ẩm).

Do đó, cần thêm thông tin về mặt cắt ngang của ống dẫn, khí thải và độ ổn định của hoạt động nhà máy để thực hiện các phép đo bụi phù hợp.

Các bước sau đây sẽ được thực hiện:

- a) xác định thành phần khí thải, đặc biệt là nồng độ oxy, CO₂ và hơi nước;
- b) tính toán mật độ khí thải từ thành phần khí thải;
- c) lựa chọn số lượng và vị trí các điểm đo theo ISO 15259;
- d) nếu việc đo bụi không được thực hiện bằng đầu đo kết hợp, thiết bị đo vận tốc phải được lắp đặt tại một điểm cố định thích hợp trong mặt phẳng đo. Dữ liệu vận tốc từ điểm cố định này được sử dụng để chứng minh tính ổn định của quá trình;
- e) Đo nhiệt độ và vận tốc của khí tại các điểm đo đã chọn trong ống dẫn, kiểm tra xem có sự sai lệch nào về lưu lượng khí so với trục ống dẫn hay không; xác minh rằng các yêu cầu của ISO 15259:2023, 5.2 được đáp ứng, nếu không, xem 6.1;
- f) có tính đến các tính toán sơ bộ (xem Phụ lục F) và vận tốc đo được, chọn đường kính vòi phun đầu vào phù hợp đáp ứng các điều kiện đẳng động học cho tất cả các điểm đo;
- g) trừ khi chứng minh được tính ổn định của nguồn cố định, dữ liệu thực tế về vận tốc trong quá trình lấy mẫu được sử dụng để lấy mẫu đẳng động học tại mỗi điểm đo;
- h) nếu sử dụng đầu dò đơn giản và nếu sự thay đổi vận tốc đo được bằng đầu đo Pitot cố định trong quá trình các phép đo ở mục e) nhỏ hơn 10 %, thì quá trình được coi là ổn định. Trong những trường hợp đó, lưu lượng đẳng động học trong quá trình lấy mẫu có thể được tính toán từ hồ sơ vận tốc của các phép đo sơ bộ tại mỗi điểm đo trong ống dẫn.

9.4 Kiểm tra rò rỉ

Thực hiện kiểm tra rò rỉ trên hệ thống lấy mẫu trước mỗi lần đo. Kiểm tra đường dẫn khí mẫu xem có rò rỉ hay không theo quy trình sau hoặc bất kỳ quy trình liên quan nào khác:

- a) Lắp ráp hệ thống lấy mẫu hoàn chỉnh;
- b) niêm phong đầu vào vòi phun;
- c) bật bơm;

d) đọc lưu lượng sau khi đạt áp suất tối thiểu;

e) đo lưu lượng rò rỉ, ví dụ bằng lưu lượng kế kiểu rotameter, lưu lượng này không được vượt quá 2,0 % lưu lượng khí mẫu dự kiến.

CHÚ THÍCH: Thực hành phòng thí nghiệm tốt bao gồm kiểm tra thường xuyên bơm và thiết bị giữa bơm và đồng hồ đo khí để phát hiện rò rỉ.

Thực hiện kiểm tra rò rỉ ở nhiệt độ hoạt động trừ khi điều này mâu thuẫn với các yêu cầu an toàn.

Tính toàn vẹn của hệ thống lấy mẫu cũng có thể được kiểm tra trong quá trình lấy mẫu bằng cách đo liên tục nồng độ của một thành phần khí thải phù hợp (ví dụ: oxy) trực tiếp trong ống khói và phía hạ lưu của đường dẫn khí mẫu. Bất kỳ sự khác biệt có hệ thống nào giữa các nồng độ đó đều cho thấy có rò rỉ trong hệ thống.

Các chỗ rò rỉ phải được điều tra và khắc phục.

9.5 Lấy mẫu

Việc lấy mẫu phải được thực hiện theo quy trình sau:

a) Làm nóng trước các bộ phận liên quan của hệ thống lấy mẫu đến nhiệt độ lọc đã chọn, ví dụ: nhiệt độ ống khói hoặc ít nhất là nhiệt độ thông thường (xem Phụ lục H). Nhiệt độ được sử dụng trong khi lấy mẫu phải được ghi trong báo cáo đo.

CHÚ THÍCH 1: Đối với các thiết bị trong ống khói, các bộ phận liên quan của hệ thống lấy mẫu có thể được làm nóng trước trong ống khói trước khi lấy mẫu với vòi phun hướng xuống hạ lưu.

Đưa hệ thống lấy mẫu vào ống dẫn với vòi phun, nếu có thể, hướng xuống hạ lưu để tránh tiếp xúc với bất kỳ bộ phận nào của ống dẫn; ở áp suất rất thấp trong ống dẫn khí thải, máy bơm phải chạy ở công suất thấp trước khi đưa đầu đo vào để tránh vật liệu lọc bị hút ngược lại.

b) Niêm phong lỗ mở của cổng đo để giảm thiểu sự xâm nhập của không khí vào ống dẫn hoặc việc người vận hành tiếp xúc với các chất độc hại; Xoay ống hút cho đến khi đầu hút hướng về phía thượng nguồn trong phạm vi $\pm 10^\circ$, mở van khóa, khởi động thiết bị hút và điều chỉnh lưu lượng để thu được mẫu đẳng động học trong khoảng -5 % và +15 % (xem Phụ lục B). Sử dụng cùng thời gian lấy mẫu tối thiểu 3 min tại mỗi điểm đo đã chọn.

c) Sử dụng tổng thời gian lấy mẫu ít nhất 30 min.

d) Ghi lại áp suất không khí, nhiệt độ và thể tích của đồng hồ đo khí khi bắt đầu lấy mẫu.

e) Tại mỗi điểm đo và ít nhất cứ mỗi 5 min, ghi lại các thông số được sử dụng để xác định vận tốc khí thải. Dựa trên giá trị này, điều chỉnh lưu lượng để lấy mẫu đẳng động học trong khoảng -5 % và +15 %.

CHÚ THÍCH 2: Thực hành phòng thí nghiệm tốt khi sử dụng đồng hồ đo khí khô là ghi lại nhiệt độ và áp suất của đồng hồ đo khí ít nhất cứ mỗi 5 min và sử dụng kết quả để tính toán thể tích mẫu cuối cùng.

f) Không dừng lấy mẫu khi di chuyển dây lấy mẫu đến điểm đo tiếp theo và ngay lập tức điều chỉnh lưu lượng cho điều kiện đẳng động học.

g) Sau khi hoàn thành việc lấy mẫu tại tất cả các điểm đo đã chọn trên đường đo, đóng van ngắt và thiết bị hút, tháo dây lấy mẫu ra khỏi ống dẫn và đặt lại vào đường đo tiếp theo.

CHÚ THÍCH3: Đối với phép đo nồng độ bụi thấp, tốt hơn nên chỉ sử dụng một bộ lọc cho một phép đo hoàn chỉnh (lấy mẫu tích lũy).

Tải trọng bộ lọc và vận tốc khí tối đa không được vượt quá khuyến nghị của nhà sản xuất bộ lọc.

h) Sau khi hoàn tất việc lấy mẫu tại tất cả các điểm đo:

1) Ghi lại nhiệt độ và thể tích của đồng hồ đo khí sau khi lấy mẫu.

2) Tháo hệ thống lấy mẫu sau khi đóng van ngắt và thiết bị hút. Ở áp suất rất thấp trong ống dẫn khí thải, bơm phải chạy ở công suất thấp sau khi tháo đầu dò để tránh vật liệu lọc bị hút ngược trở lại.

3) Tháo rời hệ thống lấy mẫu và kiểm tra trực quan bộ lọc và vỏ bộ lọc xem có dấu hiệu vỡ hoặc ngưng tụ (thiết bị lấy mẫu hoạt động dưới hoặc quá gần điểm sương) hay không. Trong trường hợp đó, phép đo không hợp lệ.

i) Đặt các bộ phận cân cân vào thùng chứa kín không có tĩnh điện để vận chuyển đến phòng thí nghiệm để cân (xem Điều 8).

9.6 Thu hồi cặn lắng phía trước bộ lọc

9.6.1 Yêu cầu chung

Các thí nghiệm được thực hiện khi chuẩn bị tiêu chuẩn này đã chứng minh rằng cặn bụi phía trước bộ lọc thường chiếm từ 10 % đến 30 % tổng lượng bụi khi lấy mẫu khí từ các lò đốt chất thải ở nồng độ khoảng 5 mg/m³.

Lượng cặn này có thể phụ thuộc vào thiết kế của thiết bị lấy mẫu và loại bụi cần lấy mẫu, nhưng chưa tìm ra phương pháp hiệu quả nào để giữ chúng ở mức không đáng kể. Vì lý do này, tất cả các bộ phận không cân của thiết bị lấy mẫu phía trước bộ lọc phải được rửa sạch. Khối lượng bụi trên các bộ phận không cân phía trước bộ lọc phải được ghi rõ trong báo cáo đo, bên cạnh khối lượng trên các bộ lọc được sử dụng trong cùng một loạt phép đo.

Khi lấy mẫu bằng thiết bị lọc trong ống khói không có đoạn uốn cong giữa vòi phun và vỏ lọc (xem Phụ lục C) đối với khí không bão hòa, ở nhiệt độ cao hơn nhiều so với điểm sương của khí thải, thì không cần thu hồi cặn lắng ở phía trước bộ lọc nếu đã tiến hành xác nhận trong điều kiện tương tự như quy trình để chứng minh rằng cặn lắng, được biểu thị bằng cùng đơn vị với kết quả đo (ví dụ: miligam trên mét khối), không vượt quá 10 % giá trị giới hạn phát thải được đặt ra cho quá trình.

CHÚ THÍCH: Ảnh hưởng của cặn lắng không được thu hồi đến độ không đảm bảo của phép đo có thể được đánh giá dựa trên kết quả xác nhận.

9.6.2 Quy trình rửa

Tất cả các bộ phận không được cân ở phía trước bộ lọc tiếp xúc với mẫu khí phải được rửa sạch để thu hồi cặn bẩn, trừ khi việc thu hồi cặn bẩn có thể không cần thiết (xem 9.6.1).

Cần đặc biệt cẩn thận để tránh nhiễm bẩn nếu việc rửa được thực hiện tại chỗ. Việc rửa phải được thực hiện theo quy trình sau:

- a) Rửa kỹ vòi phun, khuỷu nối và các bộ phận khác ở phía trước bộ lọc bằng nước vào một thùng chứa, chú ý không để bất cứ thứ gì từ bên ngoài các bộ phận đã rửa rơi vào thùng chứa. Tùy thuộc vào tính chất của bụi, quy trình phải được lặp lại với axeton vào cùng một thùng chứa.
- b) Để rửa ống hút, bịt kín một đầu và đổ đủ nước để làm ướt và làm sạch bề mặt bên trong, sau đó bịt kín đầu kia. Ống phải được làm sạch bằng cách xoay và nghiêng nhiều lần. Chuyển dung dịch vào thùng chứa vận chuyển. Tùy thuộc vào tính chất của bụi, quy trình sẽ được lặp lại với axeton vào cùng một thùng chứa.

Không được sử dụng phương pháp làm sạch cơ học để thu hồi cặn bụi ở phía trước bộ lọc.

Các bộ phận phía trước sẽ được rửa sạch ít nhất sau mỗi loạt phép đo trên cùng một mặt phẳng lấy mẫu và ít nhất một lần mỗi ngày. Khối lượng thu hồi phải được phân bổ cho từng thử nghiệm theo tỷ lệ với khối lượng thu được trên mỗi bộ lọc.

9.7 Mẫu trắng hiện trường

Một mẫu trắng hiện trường phải được lấy tại mỗi vị trí đo trước hoặc sau mỗi loạt phép đo và ít nhất một lần mỗi ngày, theo quy trình sau như mô tả trong 9.4 và 9.6:

- a) lắp ráp thiết bị;
- b) tháo rời thiết bị;
- c) rửa sạch, nếu cần.

Điều này dẫn đến việc ước tính sự phân tán của kết quả đối với nồng độ bụi gần bằng không, tức là sự nhiễm bẩn của bộ lọc và dung dịch rửa trước và trong quá trình xử lý tại chỗ, vận chuyển, lưu trữ, xử lý trong phòng thí nghiệm và các quy trình cân đo.

Giá trị mẫu trắng tại hiện trường phải được tính bằng cách lấy khối lượng mẫu trắng chia cho thể tích mẫu trung bình của chuỗi phép đo.

Tất cả các giá trị mẫu trắng tại hiện trường phải được báo cáo riêng lẻ.

Giá trị mẫu trắng tại hiện trường không được vượt quá 10 % giá trị giới hạn phát thải được đặt ra cho quy trình hoặc $0,5 \text{ mg/m}^3$, tùy thuộc vào giá trị nào lớn hơn.

10 Tính toán

10.1 Lưu lượng thể tích lấy mẫu

Để thực hiện lấy mẫu đẳng động học, tính toán tốc độ dòng thể tích lấy mẫu cần thiết, có tính đến vận tốc của khí trong ống dẫn tại điểm đo và đường kính hiệu dụng của vòi phun lấy mẫu.

Vì lưu lượng lấy mẫu được đo trong các điều kiện (nhiệt độ, áp suất, độ ẩm) thường khác với các điều kiện thực tế của khí trong ống dẫn. Lưu lượng phải được sửa như sau:

$$Q_m = Q_a \times \frac{100\% - h_m}{100\% - h_a} \times \frac{T_m}{T_a} \times \frac{p_m}{p_a} \quad (2)$$

Trong đó:

- Q_m lưu lượng lấy mẫu thể tích đo được ở điều kiện đồng hồ đo khí;
- Q_a lưu lượng lấy mẫu thể tích, được biểu thị theo điều kiện thực tế trong ống dẫn;
- h_m độ ẩm của khí ở điều kiện đo, tính theo phần trăm thể tích;
- h_a độ ẩm của khí ở điều kiện thực tế, tính theo phần trăm thể tích;
- T_m nhiệt độ của khí ở điều kiện đo tại đồng hồ đo thể tích, tính bằng Kelvin;
- T_a nhiệt độ của khí ở điều kiện thực tế trong ống dẫn, tính bằng Kelvin;
- p_m áp suất tuyệt đối của khí ở điều kiện đo tại đồng hồ đo thể tích;
- p_a áp suất tuyệt đối của khí ở điều kiện thực tế trong ống dẫn.

So sánh giá trị mục tiêu Q_a với Q_a thực hiện trong quá trình đo để kiểm tra sự tuân thủ lấy mẫu đẳng động học.

10.2 Nồng độ bụi

Đối với mỗi thử nghiệm, tính toán:

- a) thể tích mẫu V, chỉ rõ là trạng thái khô hay ướt và ở điều kiện tiêu chuẩn;
- b) tổng khối lượng m bụi thu được ở phía trước của bộ lọc (rửa) và trên bộ lọc;
- c) nồng độ bụi C:

$$C = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Đôi khi cần phải biểu thị nồng độ bụi theo nồng độ oxy tham chiếu để hiệu chỉnh cho hiệu ứng pha loãng. Khi đó, nồng độ bụi đo được trên cơ sở khô và ở điều kiện tiêu chuẩn sẽ được nhân với hệ số hiệu chỉnh f_c :

$$f_c = \frac{21\% - O_{ref}}{21\% - O_{tm}} \quad (4)$$

Trong đó:

O_{ref} nồng độ oxy tham chiếu tính bằng phần trăm thể tích khí khô;

O_m nồng độ oxy tính bằng phần trăm thể tích khí khô, được đo trong ống dẫn.

11 Báo cáo đo

Báo cáo đo phải cung cấp một bản tường thuật toàn diện về các phép đo, mô tả về mục tiêu đo lường và kế hoạch đo lường. Nó phải cung cấp đủ chi tiết để cho phép truy ngược lại các kết quả thông qua các phép tính đến dữ liệu cơ bản đã thu thập và điều kiện vận hành của quy trình.

Báo cáo đo lường phải bao gồm các nội dung được quy định trong ISO 15259 và ít nhất là thông tin về các mục sau:

a) Xác định vị trí lấy mẫu và các thông số khí trong ống dẫn:

- 1) Kích thước ống dẫn, số lượng và vị trí của các đường đo và điểm đo;
- 2) Vận tốc và nhiệt độ tại mỗi điểm đo;
- 3) Hàm lượng CO_2 , hơi nước;
- 4) Tuân thủ các yêu cầu về dòng khí được quy định trong ISO 15259.

b) Quy trình đo lường:

1) Đo bụi:

- i) Viện dẫn đến tài liệu này;
- ii) bất kỳ sửa đổi nào đối với phương pháp đo và dữ liệu xác nhận tương ứng;

2) Đặc điểm của thiết bị lấy mẫu:

- i) Loại thiết bị lọc;
- ii) Đường kính đầu phun;
- iii) Đặc điểm của bộ lọc (vật liệu, kích thước, v.v.);
- iv) Điều kiện lọc và nhiệt độ lọc;

c) Kết quả thử nghiệm:

1) Số lần thử nghiệm;

2) Đối với mỗi lần thử nghiệm:

- i) Ngày, giờ và thời gian;
- ii) Thể tích mẫu;
- iii) Khối lượng bụi trên bộ lọc và khối lượng bụi thu hồi từ dung dịch rửa;

iv) Nồng độ bụi trong điều kiện được quy định trong mục tiêu đo.

d) Đảm bảo chất lượng:

- 1) Kết quả kiểm tra rõ ràng;
- 2) Giá trị mẫu trắng tại hiện trường;
- 3) Tuân thủ tiêu chí đẳng động học.

Kết quả dưới giá trị mẫu trắng tại hiện trường phải được báo cáo là nhỏ hơn giá trị mẫu trắng tại hiện trường.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Đặc tính tính năng của phương pháp thu được trong quá trình xác nhận phương pháp

A.1 Tổng quan

Vì thành phần khí thải thay đổi theo thời gian, nên không thể xác định độ lặp lại và độ tái lập của phương pháp theo ISO 5725-2.

Tuy nhiên, nếu một nhóm thực hiện các thử nghiệm lấy mẫu song song liên tiếp với hai hệ thống lấy mẫu giống hệt nhau, thì quy trình như vậy cho phép tính toán sự so sánh thống kê giữa các giá trị $x_{i,1}$ và $x_{i,2}$ được ghép cặp.

Độ lệch chuẩn s của các giá trị được ghép cặp là:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i,1} - x_{i,2})^2}{2n}} \quad (\text{A.1})$$

Trong đó n là số lượng các giá trị được ghép cặp

Độ lệch chuẩn có thể được sử dụng để tính toán:

- độ không đảm bảo nội tại u (hoặc khoảng tin cậy nội tại) liên quan đến một phép đo riêng lẻ được thực hiện bởi nhóm đó:

$$u = t_{0,95,n-1} s \quad (\text{A.2})$$

trong đó $t_{0,95,n-1}$ là hệ số student cho độ tin cậy 95 % và bậc tự do $n = 1$.

Độ lặp lại r (theo ISO 5725-2), tức là sự khác biệt tối đa giữa hai phép đo, ví dụ như của cùng một nhóm, cho mức độ tin cậy 95 %:

$$r = \sqrt{2} t_{0,95,n-1} s \quad (\text{A.3})$$

Các dữ liệu này có thể được các phòng thí nghiệm thử nghiệm sử dụng như công cụ trong khuôn khổ đảm bảo chất lượng.

Khi dữ liệu được cung cấp bởi một số nhóm độc lập hoạt động cùng nhau, các phép tính tương tự có thể được thực hiện và cung cấp ước tính của:

- độ không đảm bảo mở rộng liên quan đến một phép đo riêng lẻ được thực hiện bởi bất kỳ nhóm nào đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này. Độ không đảm bảo này phải được tính đến khi so sánh các giá trị đo được với giá trị giới hạn phát thải;

- Độ lặp lại R (theo ISO 5725-2), tức là sự khác biệt tối đa R có thể dự kiến ở mức độ tin cậy 95 % giữa hai phép đo của các nhóm khác nhau làm việc theo tiêu chuẩn này, trong điều kiện quy trình.

Khi thực hiện các phép đo ở nồng độ thấp, giới hạn phát hiện có thể được ước tính:

- bằng các phép đo song song và tính toán độ không đảm bảo;
- bằng các phép đo liên tiếp ở nồng độ gần bằng không. Giới hạn phát hiện được giả định là gấp ba lần độ lệch chuẩn.

A.2 Dữ liệu thực nghiệm

Các thử nghiệm xác nhận được thực hiện tại hai lò đốt rác thải sinh hoạt được trang bị các loại xử lý khí khác nhau:

- Nhà máy A: quy trình bán khô với bộ lọc vải, nhiệt độ khí thải: 140 °C;
- Nhà máy B: thiết bị lọc tĩnh điện, có thiết bị rửa khí, nhiệt độ khí thải: 60 °C, bão hòa nước.

Thời gian lấy mẫu được giới hạn ở 30 mm.

Kết quả được trình bày trong Bảng A.1.

Bảng A.1 – Kết quả thử nghiệm xác nhận

	Nhà máy		
	A		B
Số đội song song	4		3
Số lượng thiết bị ngoài/trong ống khói	1/3		3/0
Số lượng thử nghiệm thành công	32		16
	Bụi chỉ trên phin lọc mg/m ³	Tổng bụi bao gồm cả rửa lọc mg/m ³	Tổng bụi mg/m ³
Nồng độ bụi: trung bình: khoảng bao phủ	4,7 2 đến 17	6,4 3 đến 19	2,5 0,3 đến 6,8
Độ lặp lại	1,7	2,1	1,9
Độ không đảm bảo mở rộng	2,4	4,0	1,8
Độ tái lập	3,4	5,7	2,6

Giới hạn phát hiện được ước tính từ kết quả của một nhóm nghiên cứu là:

- Đối với khí khô: khoảng 0,3 mg/m³ (chỉ có bụi trên bộ lọc);
- Đối với khí bão hòa nước: khoảng 2 mg/m³ (tổng lượng bụi).

A.3 Nhận xét

Trong các thử nghiệm trên, một số giá trị nền cao đã được báo cáo ($\pm 1 \text{ mg/mm}^3$ hoặc cao hơn) do độ không đảm bảo trong việc cân đo các chất chiết xuất khô (ví dụ: sử dụng các dụng cụ làm bằng vật liệu không phù hợp).

Nghiên cứu sâu hơn cho thấy rằng độ không đảm bảo này có thể được giảm xuống dưới 0,5 mg/mm^3 , dẫn đến cải thiện độ lặp lại và độ chính xác.

Tăng thời gian lấy mẫu lên 60 min hoặc 90 min cải thiện đáng kể độ chính xác của các phép đo.

Phụ lục B

(Tham khảo)

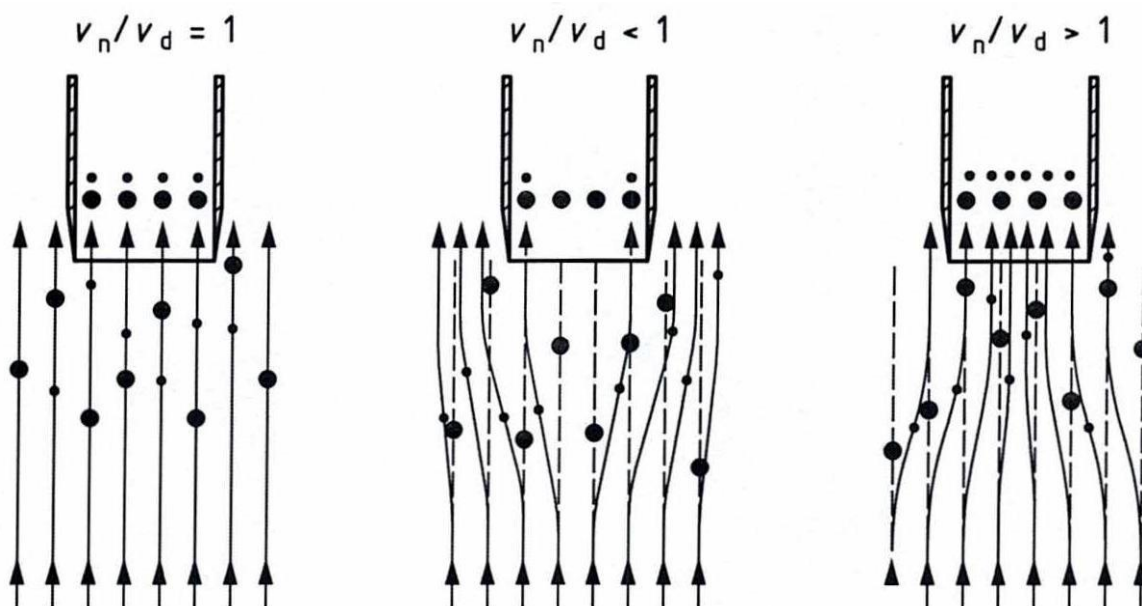
Ảnh hưởng của tốc độ đẳng động học đến tính đại diện của các hạt thu được

Hình B.1 thể hiện ảnh hưởng của tốc độ đẳng động học v_n / v_d đến tính đại diện của các hạt thu được trong các trường hợp sau:

a) Nếu tốc độ đẳng động học bằng một, thì lưu lượng khí trong vòi phun và lưu lượng khí trong ống dẫn là giống nhau như thể hiện ở phần bên trái của Hình B.1. Trong trường hợp này, các hạt mịn và hạt thô có thể phân bố đều theo lưu lượng khí và nồng độ bụi có thể được đo chính xác.

b) Nếu tốc độ đẳng động học nhỏ hơn một, thì lưu lượng khí trong vòi phun nhỏ hơn lưu lượng khí trong ống dẫn, dẫn đến dòng khí bị nhiễu loạn như thể hiện ở giữa Hình B.1 và thể tích khí mẫu thấp hơn. Các hạt mịn có thể phân bố theo dòng khí, trong khi các hạt thô phân bố theo hướng dòng chảy ban đầu do quán tính khối lượng. Điều này dẫn đến khối lượng bụi trên bộ lọc cao hơn, chủ yếu là do các hạt thô ở phía trước mặt phẳng vòi phun không theo dòng khí thoát ra khỏi mặt phẳng vòi phun. Trong trường hợp này, nồng độ bụi đo được quá cao.

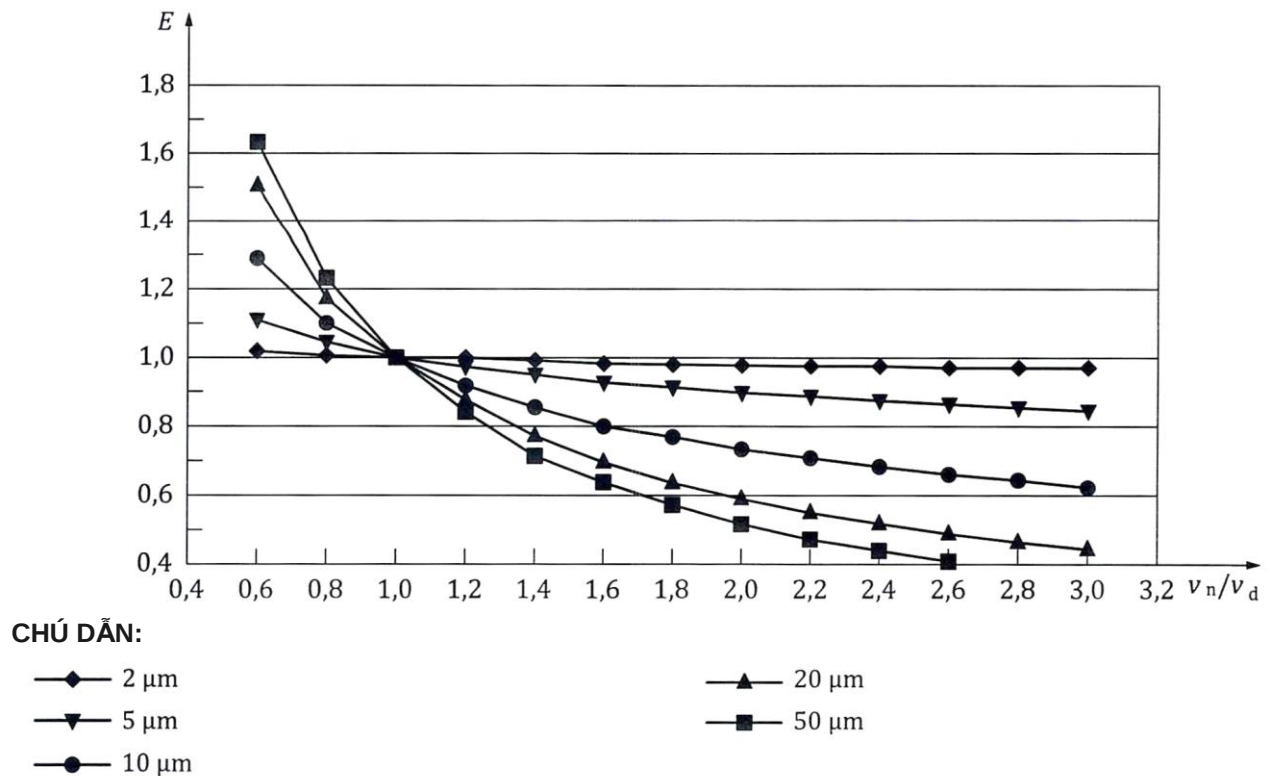
c) Nếu tốc độ đẳng động học lớn hơn một, thì lưu lượng khí trong vòi phun lớn hơn lưu lượng khí trong ống dẫn, dẫn đến dòng khí bị nhiễu loạn như thể hiện ở phần bên phải của Hình B.1 và thể tích khí mẫu cao hơn. Như trong trường hợp trước, các hạt mịn có thể theo dòng khí, trong khi các hạt thô theo hướng dòng chảy ban đầu do quán tính khối lượng. Điều này dẫn đến khối lượng bụi trên bộ lọc thấp hơn, chủ yếu là do các hạt thô bên ngoài mặt phẳng vòi phun không theo dòng khí vào mặt phẳng vòi phun. Trong trường hợp này, nồng độ bụi đo được quá thấp.



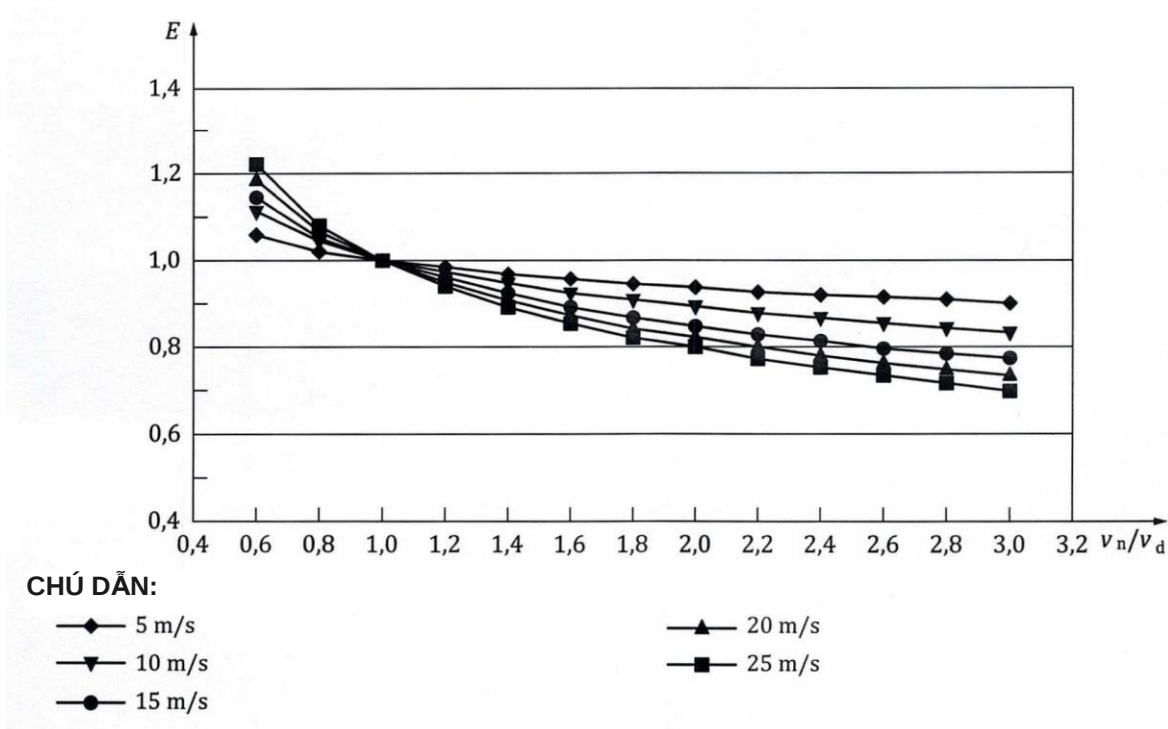
Hình B.1 – Sơ đồ ảnh hưởng của tốc độ lấy mẫu đẳng động học v_n / v_d đại diện cho bụi lấy mẫu

Hiệu suất thu gom của hệ thống lấy mẫu bụi có thể được tính toán từ tốc độ đẳng động học. (xem Tài liệu tham khảo [1] [2] và [3]). Hình B.2 đến Hình B.6 cho thấy các ví dụ về hiệu suất thu gom như một hàm của tỷ lệ vận tốc khí trong vòi phun đầu vào so với vận tốc khí trong ống dẫn khi thay đổi đường kính hạt (Hình B.2), lưu lượng khí thải (Hình B.3), đường kính vòi phun (Hình B.4), mật độ hạt (Hình B.5) và nhiệt độ khí thải (Hình B.6).

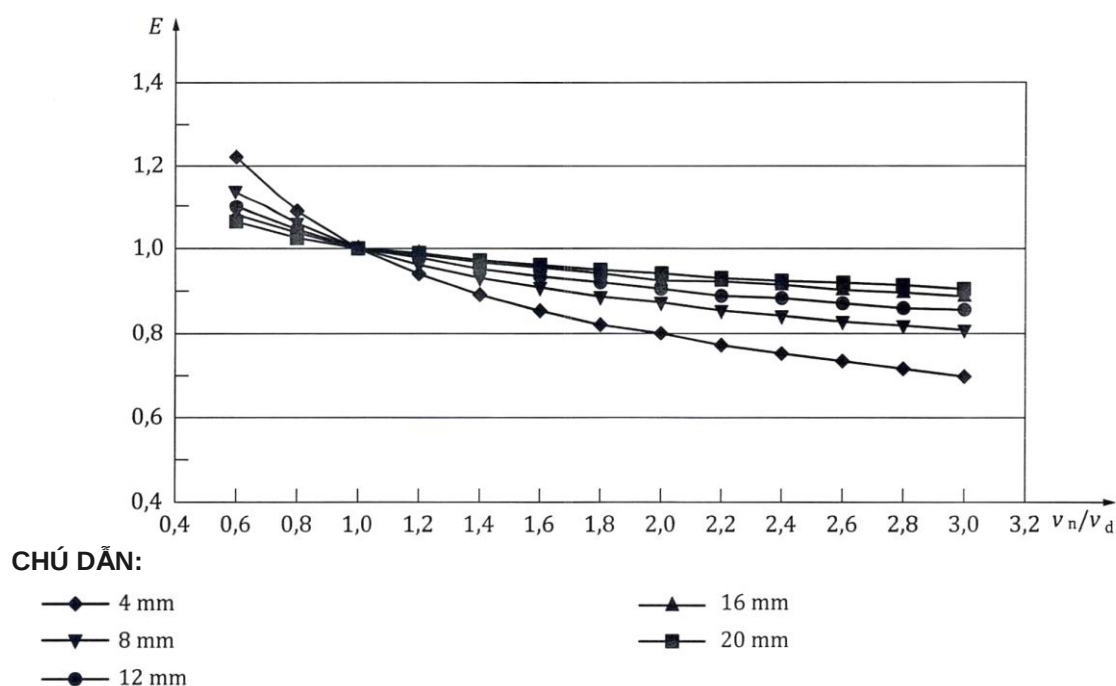
CHÚ THÍCH: Hiệu suất thu gom là tỷ lệ giữa nồng độ mẫu được lấy ở tốc độ đẳng động học cụ thể so với nồng độ khi lấy mẫu đẳng động học với tốc độ đẳng động học là 1,0.



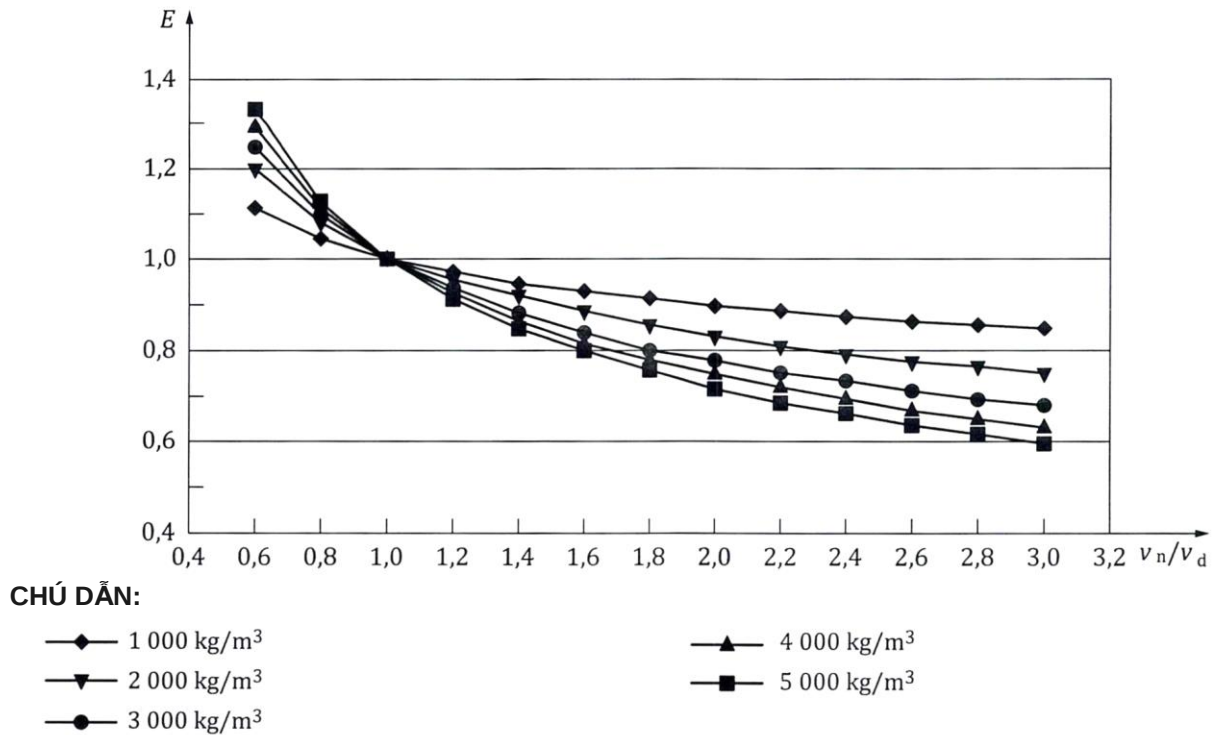
Hình B.2 – Sự phụ thuộc lý thuyết của hiệu suất thu gom E vào tỷ lệ giữa vận tốc khí trong vòi phun đầu vào v_n và vận tốc khí v_d trong ống dẫn đối với các đường kính hạt khác nhau và vận tốc khí thải là 10 m/s, đường kính vòi phun là 10 mm, mật độ hạt là 1000 kg/m³ và nhiệt độ khí thải là 0 °C.



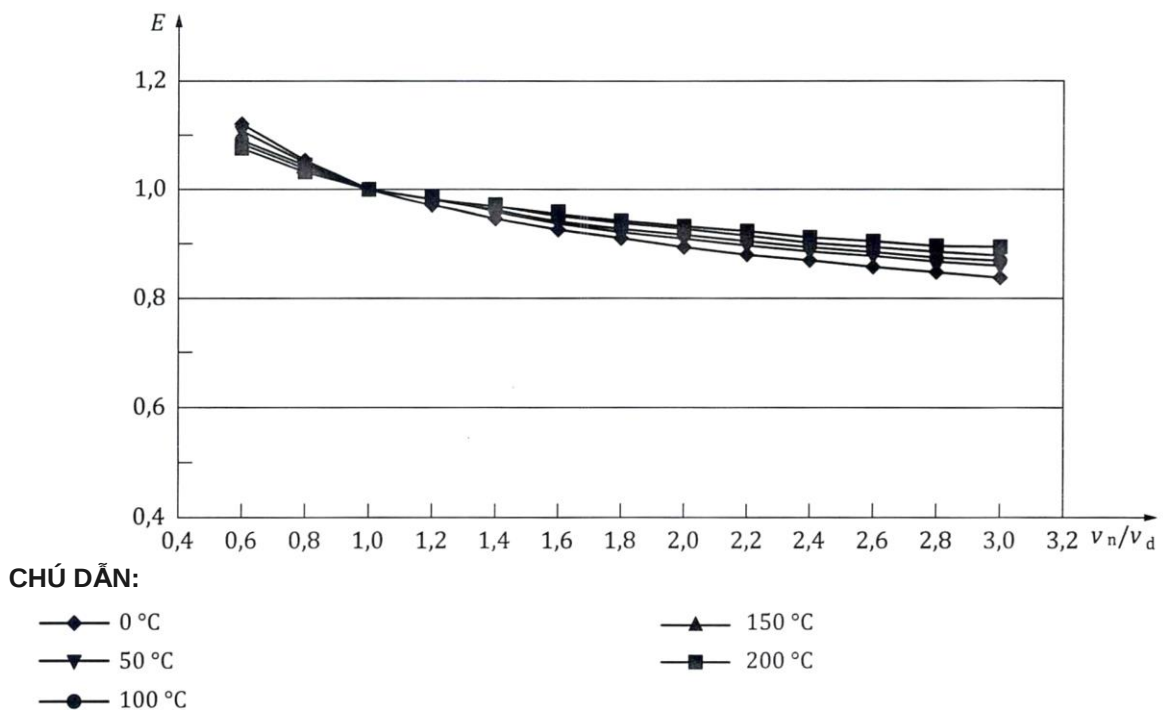
Hình B.3 – Sự phụ thuộc lý thuyết của hiệu suất thu gom E vào tỷ lệ giữa vận tốc khí trong vòi phun đầu vào v_n và vận tốc khí v_d trong ống dẫn đối với các vận tốc khí thải khác nhau và đường kính hạt là $5 \mu\text{m}$, đường kính vòi phun là 10 mm , mật độ hạt là 1000 kg/m^3 và nhiệt độ khí thải là 0°C .



Hình B.4 – Sự phụ thuộc lý thuyết của hiệu suất thu gom E vào tỷ lệ giữa vận tốc khí v_n trong vòi phun đầu vào và vận tốc khí v_d trong ống dẫn đối với các đường kính vòi phun khác nhau và đường kính hạt là $5 \mu\text{m}$, vận tốc khí thải là 10 m/s , mật độ hạt là 1000 kg/m^3 và nhiệt độ khí thải là 0°C .



Hình B.5 – Sự phụ thuộc lý thuyết của hiệu suất thu gom E vào tỷ lệ giữa vận tốc khí tại vòi phun đầu vào v_n và vận tốc khí v_d trong ống dẫn đối với các mật độ hạt khác nhau và đường kính hạt là 5 μm , vận tốc khí thải là 10 m/s, đường kính vòi phun là 10 mm và nhiệt độ khí thải là 0 °C.



Hình B.6 – Sự phụ thuộc lý thuyết của hiệu suất thu gom E vào tỷ lệ giữa vận tốc khí v_n trong vòi phun đầu vào và vận tốc khí v_d trong ống dẫn đối với các nhiệt độ khí thải khác nhau và đường kính hạt 5 μm , vận tốc khí thải 10 m/s, đường kính vòi phun 10 mm và mật độ hạt 1000 kg/m³

Phụ lục C

(Tham khảo)

Thiết kế đã được chứng minh của các vòi phun đầu vào

Hình C.1, C.2 và C.3 thể hiện ba thiết kế của các vòi phun đầu vào, trong đó:

e là độ dày của thành vòi phun;

d_n là đường kính trong của vòi phun đầu vào;

R là bán kính cong của mép đầu vào vòi phun;

L là chiều dài có đường kính trong không đổi.

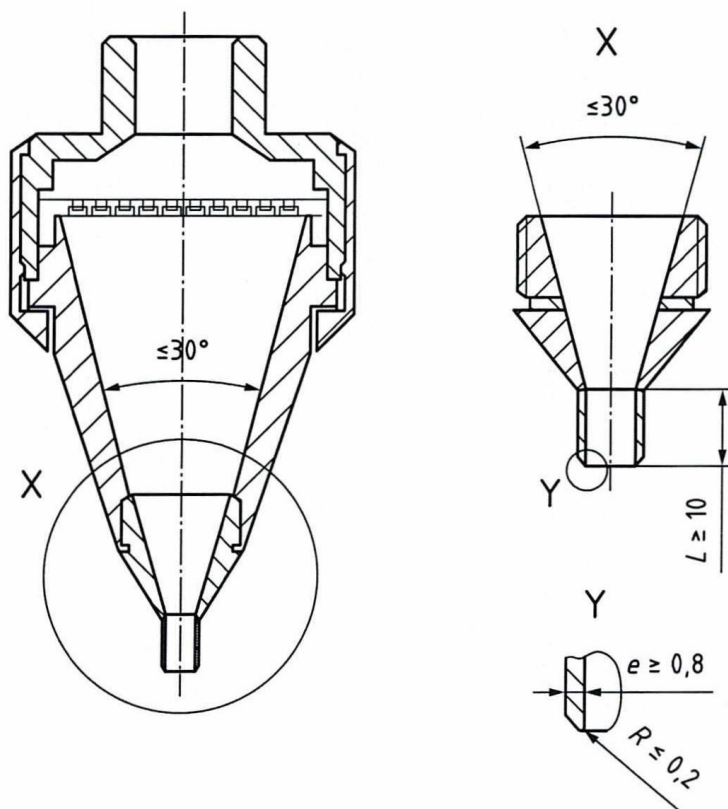
a) Hình C.1:

1) $e < d_n / 12$ nhưng ít nhất 0,8 mm;

2) $L \geq 10\text{mm}$;

3) $R \leq 0,2\text{mm}$.

Đường kính hiệu dụng $d_{\text{eff}} = d_n + 2R$

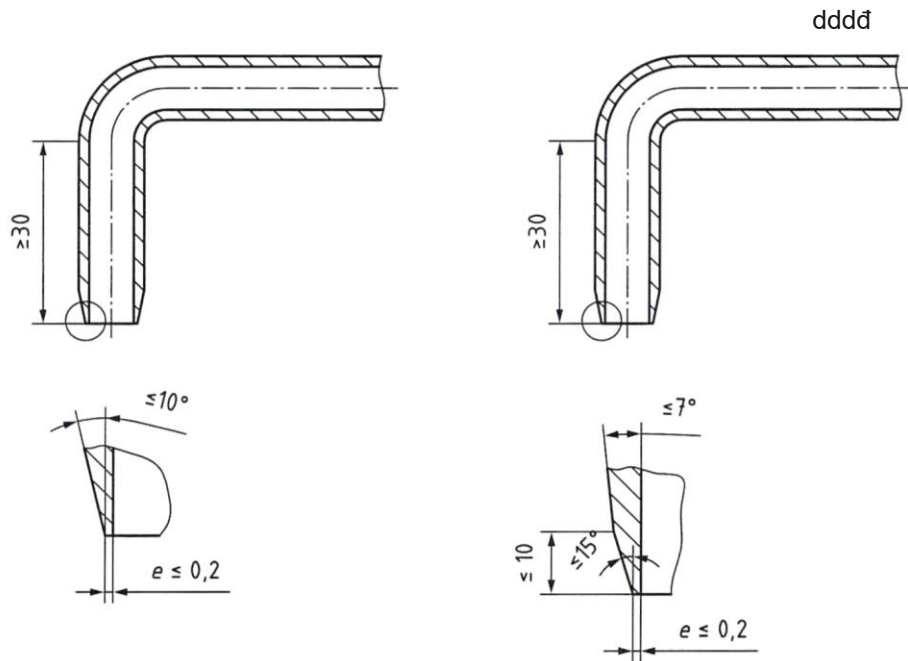


Hình C.1 – Ví dụ về vỏ lọc trong ống với vòi phun tích hợp đã được chứng minh

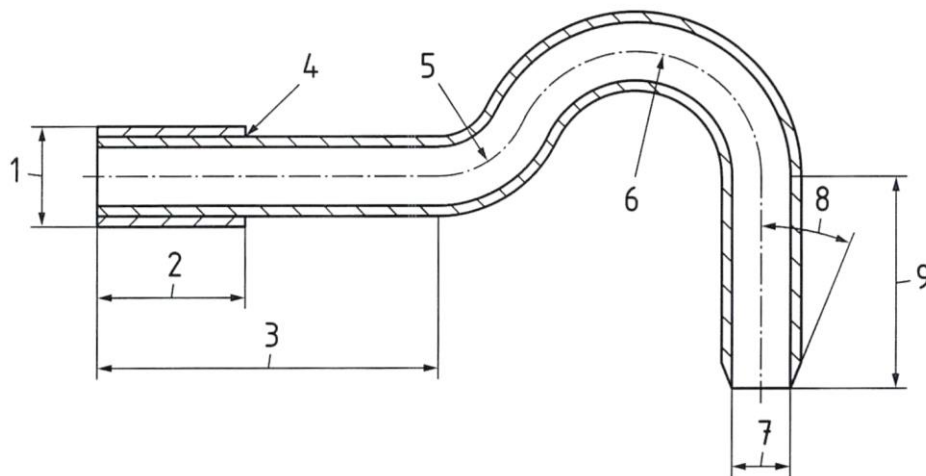
b) Hình C.2:

$$e \leq 0,2 \text{ mm.}$$

Đường kính hiệu dụng $d_{\text{eff}} = d_n + e$



Hình C.2 –



CHÚ DẪN:

- 1 16 mm
- 2 25 mm
- 3 60 mm
- 4 Kích cỡ phù hợp với ống nghiệm
- 5 bán kính 15 mm
- 6 bán kính 20 mm
- 7 Đường kính vòi lấy mẫu
- 8 20°
- 9 35 mm

Hình C.3 – Ví dụ về vòi phun cổ ngỗng đã được chứng minh hiệu quả

Phụ lục D
(Tham khảo)
Khái quát về các yêu cầu

Thiết bị	Giá trị	Quy định tại
Đầu lấy mẫu: - độ không đảm bảo của địa điểm tại đầu vào lấy mẫu - chiều dài với đường kính trong không đổi - thay đổi góc đường kính - bán kính cong - chiều dài đoạn thẳng trước đoạn cong đầu tiên - khoảng cách đến vật cản	$\leq 5 \%$ $\geq 10 \text{ mm}$ $\leq 30^\circ$ $\geq 1,5$ lần đường kính trong của đường cong $\geq 30 \text{ mm}$ $\geq 50 \text{ mm}$	7.2.3 7.2.3 7.2.3 7.2.3 7.2.3 7.2.3
Phin lọc: - hiệu suất thử hạt sol khí $0,3 \mu\text{m}$ - hiệu suất thử hạt sol khí $0,6 \mu\text{m}$ - vật liệu	$> 99,5 \%$ $> 99,9 \%$ - Không phản ứng và không hấp thụ các thành phần.	7.2.2.3 7.2.2.3 7.2.2.3
Khí mẫu: - độ không đảm bảo mở rộng lớn nhất của thể tích khí - độ không đảm bảo mở rộng lớn nhất của áp suất tuyệt đối - độ không đảm bảo mở rộng của áp suất tuyệt đối	$\leq 5,0 \%$ giá trị đo $\leq 2,0 \%$ giá trị đo $\leq 2,0 \%$ giá trị đo	7.2.6 7.2.6 7.2.6
Góc của vòi lấy mẫu so với dòng khí	≤ 100	9.5
Tốc độ đẳng động học	95 % to 115 %	9.5
Tốc độ rò rỉ	$\leq 2,0 \%$	9.4
Cân: phân giải	0,01 mg to 0,1 mg	7.4
Xử lý trước và sau khi lấy mẫu các phần đã cân: khoảng thời gian cân bằng nhiệt độ	4 h to 12 h	8.2, 8.4
Giá trị mẫu trắng hiện trường	$\leq 10 \%$ ELva hoặc $0,5 \text{ mg/ m}^3$, với giá trị nào lớn hơn	9.7
Độ không đảm bảo mở rộng	$\leq 20 \%$ ELva	Điều 5
Vị trí lấy mẫu	Giá trị	Quy định ở
Dòng khí ống dẫn: - góc so với trục ống dẫn - vận tốc âm - chênh lệch áp suất tại ống Pitot - tỷ số giữa vận tốc cực đại và vận tốc nhỏ nhất	$< 15^\circ$ - không cho phép $> 5 \text{ Pa}$ $< 3:1$	- ISO 15259 - ISO 15259 - ISO 15259 - ISO 15259
Chiều dài đoạn thẳng trước mặt phẳng đo	> 5 đường kính thủy lực (khuyến nghị)	ISO 15259
Chiều dài đoạn thẳng sau mặt phẳng đo	> 2 đường kính thủy lực (khuyến nghị)	ISO 15259
Chiều dài đoạn thẳng trước điểm phát thải	> 5 đường kính thủy lực (khuyến nghị)	ISO 15259
Số lượng điểm lấy mẫu	theo ISO 15259	ISO 15259
Đặc tính khí thải	Giá trị	Quy định ở
tỉ trọng khí thải: không đảm bảo	$\leq 0,05 \text{ kg/ m}^3$	ISO 16911-1
^a Đặt ELV cho quá trình.		

Phụ lục E

(Tham khảo)

Thế tích lấy mẫu, thời gian và lưu lượng

E.1 Yêu cầu chung

Thế tích khí tối thiểu cần lấy mẫu được xác định dựa trên độ không đảm bảo trong việc cân bụi và giá trị giới hạn phát thải được đặt ra cho quá trình.

E.2 Độ không đảm bảo khi cân

Những độ không đảm bảo này không chỉ liên quan đến hiệu suất của cân mà còn liên quan đến toàn bộ quy trình cân. Theo 8.6, chúng được xác định bằng cách cân lặp lại các bộ lọc và thùng chứa cân.

E.3 Thế tích lấy mẫu

Đối với giá trị giới hạn phát thải E , khối lượng bụi m phải ít nhất gấp 10 lần độ không đảm bảo mở rộng U_w của việc cân (xem mục 9.7).

Thế tích lấy mẫu tối thiểu cần thiết $V_{\min}$ sau đó được xác định bằng Công thức (E.1):

$$V_{\min} = \frac{m}{E} = \frac{10U_w}{E} \quad (\text{E.1})$$

E.4 Tốc độ dòng và thời gian lấy mẫu

Khi thời gian lấy mẫu t_s bị giới hạn (ví dụ: 30 min), tốc độ dòng chảy lấy mẫu tối thiểu $Q_{\min}$ được xác định bằng Công thức (E.2):

$$Q_{\min} = \frac{V_{\min}}{t_s} \quad (\text{E.2})$$

Tốc độ dòng lấy mẫu $Q_{\min}$ được so sánh với tốc độ dòng thực tế có thể đạt được bằng thiết bị lấy mẫu được sử dụng (ví dụ: độ giảm áp suất của bộ lọc, đặc tính của bơm).

Phụ lục F

(Tham khảo)

Ví dụ về sai lệch khi cân

F.1 Yêu cầu chung

Sai lệch khi cân liên quan đến sự không cân bằng nhiệt độ và sự thay đổi khí hậu giữa thời điểm cân trước và sau khi lấy mẫu được minh họa trong ví dụ sau.

Trong ví dụ này, bộ lọc được đặt trong hộp Petri thủy tinh kín, khối lượng 25 g, thể tích không khí bên trong là 40 ml. Cân được hiệu chuẩn dựa trên khối lượng chuẩn 25 g (mật độ 8 g/ml). Mật độ của thủy tinh là 2 g/ml, của không khí là 1,2 mg/ml.

F.2 Ảnh hưởng của sự không cân bằng nhiệt độ

Do thời gian cân bằng quá ngắn sau khi sấy khô, không khí bên trong hộp Petri được giả định có nhiệt độ cao hơn 2 K so với nhiệt độ phòng đặt cân (300 K). Sự chênh lệch nhiệt độ không khí dẫn đến sự thay đổi khối lượng biểu kiến là:

$$40\text{ ml} \times 1,2 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \times \frac{2\text{ K}}{300\text{ K}} = 0,3\text{ mg} \quad (\text{F.1})$$

F.3 Ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ

Nhiệt độ phòng cân là 15 °C khi cân trước khi lấy mẫu và 25 °C khi cân sau khi lấy mẫu.

Sự khác biệt giữa thể tích không khí bị chiếm chỗ bởi khối lượng chuẩn (25 g, thể tích 3,1 ml) và bởi hộp Petri (25 g, thể tích 12,5 ml) là 9,4 ml.

Do sự thay đổi nhiệt độ (10 K) so với nhiệt độ của phòng cân (300 K), thể tích không khí này dẫn đến sự thay đổi trọng lượng biểu kiến là:

$$9,4\text{ ml} \times 1,2 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \times \frac{10\text{ K}}{300\text{ K}} = 0,4\text{ mg} \quad (\text{F.2})$$

F.4 Ảnh hưởng của sự thay đổi áp suất khí quyển

Áp suất khí quyển được giả định là:

a) khi cân trước khi lấy mẫu là 98,5 kPa;

b) khi cân sau khi lấy mẫu là 104 kPa.

Do đó, quan sát thấy sự thay đổi áp suất tương đối là 5,5 %.

Do sự thay đổi áp suất tương đối này, thể tích không khí 9,4 ml dẫn đến sự thay đổi trọng lượng biểu kiến là:

$$9,4\text{ml} \times 1,2 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{ml}} \times 0,055 = 0,6\text{mg} \quad (\text{F.3})$$

F.5 Kết luận

Khi cân các chi tiết có thể tích bên trong lớn, điều bắt buộc là phải đạt được trạng thái cân bằng nhiệt độ trước khi cân.

Không cần hiệu chỉnh ảnh hưởng của nhiệt độ nếu phòng đặt cân được kiểm soát nhiệt độ. Tuy nhiên, vẫn cần phải tính đến ảnh hưởng của sự thay đổi áp suất không khí, đặc biệt nếu mật độ của các chi tiết cần cân rất khác so với khối lượng chuẩn được sử dụng để hiệu chuẩn. Việc hiệu chỉnh cần thiết có thể được thực hiện bằng cách cân các "chi tiết kiểm soát", như đã nêu trong 8.3.

Phụ lục G

(Tham khảo)

Xác định độ không đảm bảo của phép đo

G.1 Yêu cầu chung

Phụ lục này cung cấp một ví dụ về cách xác định độ không đảm bảo của phép đo phát thải bụi bằng cách phân tích các bước riêng lẻ của phương pháp đo, bao gồm ba phần:

- nguyên tắc xác định các đóng góp độ không đảm bảo của các đại lượng đo riêng lẻ (xem Điều G.2);
- kết hợp các đóng góp độ không đảm bảo của các đại lượng đo riêng lẻ (xem Điều G.3);
- tính toán số bậc tự do hiệu quả (xem Điều G.4);

G.2 Nguyên tắc xác định các đóng góp độ không đảm bảo của các đại lượng đo

G.2.1 Yêu cầu chung

Sau đây, nguyên tắc tính toán độ không đảm bảo của các đại lượng đo riêng lẻ được giải thích. Các đóng góp không đảm bảo của thiết bị đo, do ví dụ như hiệu chuẩn, trôi tín hiệu hoặc độ phân giải, và các đóng góp không đảm bảo cần được xác định bằng thực nghiệm đều được tính đến. Trong G.2.2, khối lượng m được xem là đại lượng đo.

G.2.2 Đóng góp độ không đảm bảo của hiệu chuẩn

Hiệu chuẩn có nghĩa là so sánh giá trị đo được bằng cách đo một chuẩn tham chiếu được chứng nhận với giá trị danh nghĩa của chuẩn tham chiếu này. Ví dụ, trong quá trình cân, giá trị đo được khi đặt một quả cân tham chiếu lên cân được so sánh với giá trị danh nghĩa theo chứng chỉ đo của nó. Nếu có đủ số lượng kết quả riêng lẻ của các phép đo hiệu chuẩn lặp lại, độ không đảm bảo của phép đo (ví dụ: xác định khối lượng) do hiệu chuẩn được tính theo Công thức (G.1):

$$u_{cal}^2(m) = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - m_{ref})^2}{n} + u^2(m_{ref}) = s^2(m) \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) + u_b^2 + u^2(m_{ref}) \quad (G.1)$$

$u_{cal}(m)$ độ không đảm bảo được xác định bằng thực nghiệm của đại lượng đo m do hiệu chuẩn, ví dụ: bằng cách cân một quả cân tham chiếu;

m_i giá trị đo được thứ i với $i = 1$ đến n ;

m_{ref} giá trị danh nghĩa của quả cân tham chiếu;

$s(m)$ độ lệch chuẩn lặp lại của các giá trị đo được m ;

- u_b độ sai lệch (độ lệch giữa giá trị trung bình của chuỗi phép đo và giá trị danh nghĩa của tham chiếu, ví dụ: được xác định trong quá trình cân dựa trên các số đọc của cân khi đặt lặp lại quả cân tham chiếu và giá trị danh nghĩa của quả cân tham chiếu);
- $u(m_{ref})$ độ không đảm bảo của giá trị danh nghĩa của tham chiếu, ví dụ: độ không đảm bảo của trọng lượng tham chiếu theo chứng chỉ đo lường;
- n số lần đo lặp lại, ví dụ: số lần cân;

với

$$s^2(m) = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n-1} \quad (G.2)$$

trong đó $\bar{m}$ là giá trị trung bình của các giá trị đo được m .

Độ lệch chuẩn lặp lại có thể được ước tính bằng cách lặp lại phép đo đủ thường xuyên ($n > 5$).

CHÚ THÍCH 1: Ví dụ, công thức (G.1) cho phép tính đến sai lệch giữa giá trị thu được bằng thực nghiệm đối với khối lượng của trọng lượng tham chiếu và giá trị thu được trong quá trình đo, cũng như độ không đảm bảo của trọng lượng tham chiếu.

Nếu người dùng không có sẵn các giá trị đo riêng lẻ m , mà chỉ có thông tin về độ không đảm bảo của phép đo U_{cal} của hệ thống đo đã hiệu chuẩn, thông tin này có thể được coi là độ không đảm bảo mở rộng dựa trên khoảng tin cậy 95 %. Trong trường hợp này, độ không đảm bảo $u_{cal}(m)$ sẽ được ước tính gần đúng như sau:

$$u_{cal}(m) = \frac{U_{cal}}{2} \quad (G.3)$$

CHÚ THÍCH 2: Điều này liên quan đến ước tính thận trọng. Giả sử khoảng tin cậy 99 % thay vì 95 % sẽ dẫn đến phương sai và độ không đảm bảo nhỏ hơn.

G.2.3 Đóng góp độ không đảm bảo của độ trôi

Nhìn chung, tín hiệu đo không ổn định trong thời gian dài mà thay đổi nhẹ theo thời gian. Sự sai lệch có hệ thống này cũng được gọi là độ trôi. Có thể giả định rằng nó được phân bố đều và do đó có thể được ước tính trên cơ sở phân bố hình chữ nhật theo Công thức (G.4):

$$u_{\text{độ trôi}}(m) = \frac{a_{\text{độ trôi}}}{\sqrt{3}} \quad (G.4)$$

Tham số $a_{\text{độ trôi}}$ độ trôi là độ trôi được chỉ định cho thiết bị đo hoặc độ trôi tối đa được xác định giữa hai lần hiệu chỉnh.

G.2.4 Đóng góp độ không đảm bảo của độ phân giải màn hình

Màn hình hiển thị tương tự và kỹ thuật số góp phần vào độ không đảm bảo của phép đo. Độ phân giải của màn hình hiển thị tương tự bị giới hạn bởi vạch chia. Màn hình hiển thị kỹ thuật số được làm tròn

hoặc cắt bớt từ một chữ số nhất định. Nếu khoảng cách giữa hai vạch chia của màn hình hiển thị tương tự hoặc bước nhỏ nhất có thể của màn hình hiển thị kỹ thuật số là ± 2 xung quanh giá trị hiển thị, được ký hiệu là a_{res} , thì giá trị thực được phân bố đều trong khoảng $\pm a_{res}$! Do đó, theo Công thức (G.5), đóng góp độ không đảm bảo do độ phân giải là:

$$u_{res}(m) = \frac{a_{res}}{2\sqrt{3}} \quad (G.5)$$

Nếu giá trị đo được là hiệu số giữa giá trị ban đầu và giá trị cuối cùng, hoặc hiệu số giữa giá trị bằng không và giá trị cuối cùng, thì đóng góp độ không đảm bảo của độ phân giải được xem xét hai lần trong phép tính.

G.3 Kết hợp các đóng góp độ không đảm bảo của các đại lượng đo riêng lẻ

G.3.1 Quy trình

Sau đây, việc áp dụng phương pháp gián tiếp để xác định độ không đảm bảo của kết quả đo bụi được giải thích. Phương pháp này yêu cầu phải bao gồm từng bước ảnh hưởng đến kết quả đo trong việc đánh giá độ không đảm bảo, tức là quy trình đo và phân tích phải được phân tích kỹ lưỡng.

Việc tính toán độ không đảm bảo của phép đo dựa trên phương sai. Trong trường hợp đơn giản nhất, phương sai của một kết quả được tính bằng cách cộng các phương sai của các đại lượng ảnh hưởng khác nhau, có tính đến hệ số nhạy cảm của các đại lượng ảnh hưởng này. Chúng có thể được suy ra từ phương trình mô hình phương pháp, mô tả sự phụ thuộc của kết quả đo vào các đại lượng đầu vào (ví dụ: khối lượng, áp suất, thể tích, nhiệt độ).

Tầm quan trọng của các hệ số nhạy cảm trở nên rõ ràng khi biểu diễn, ví dụ, thể tích khí của một mẫu, được đo ở nhiệt độ cao hơn, ở nhiệt độ chuẩn là 0°C . Điều này thường xảy ra với kết quả của các phép đo phát thải và có thể được biểu thị bằng Công thức (G.6):

$$V_0 = V_m \cdot \frac{273\text{K}}{273\text{K} + t_m} \quad (G.6)$$

trong đó:

V_0 thể tích mẫu ở 0°C ;

V_m thể tích mẫu đo được ở nhiệt độ t_m ;

t_m nhiệt độ tại đồng hồ đo khí, tính bằng $^\circ\text{C}$.

Độ không đảm bảo của phép đo thể tích V_m có ảnh hưởng lớn hơn nhiều đến thể tích chuẩn hóa V_0 so với độ không đảm bảo của phép đo nhiệt độ t_m . Như có thể thấy trong Công thức (G.6), nhiệt độ tuyệt đối với hệ số bổ sung không đổi 273 K, độ không đảm bảo của phép đo này có thể bỏ qua trong ngữ cảnh này và cao hơn so với nhiệt độ đo được t_m bao gồm cả độ không đảm bảo của nó, được sử dụng để tính toán thể tích chuẩn hóa 17g. Với thể tích $V_m = 100\text{ l}$ và nhiệt độ $t_m = 30^\circ\text{C}$, phép tính cho thấy

phương sai của V_0 bị ảnh hưởng bởi V_m với hệ số khoảng 0,8. Hệ số của ảnh hưởng nhiệt độ chỉ khoảng 0,09. Ví dụ này minh họa sự cần thiết phải xác định và xem xét các hệ số độ nhạy.

Các hệ số độ nhạy được tính bằng cách đạo hàm riêng của phương trình mô hình. Do đó, các hệ số được thu được, trực tiếp hoặc bằng cách đưa các kết quả đo số vào các thuật ngữ toán học, thu được từ phép đạo hàm riêng. Chúng được xem xét theo phương pháp bình phương trong tính toán phương sai của kết quả đo. Phương trình phương sai cho mô hình Công thức (G.6) được cho bởi Công thức (G.7):

$$\text{var}(V_0) = e^2(V_m) \cdot \text{var}(V_m) + e^2(t_m) \cdot \text{var}(t_m) \quad (\text{G.7})$$

Ví dụ sau về việc xác định độ không đảm bảo của phép đo hàm lượng bụi thấp tại các nguồn cố định bao gồm các bước khác nhau theo các giải thích trước đó. Trước tiên, các phương sai của các đại lượng ảnh hưởng riêng lẻ được tính toán. Đó là: khối lượng bụi;

- thể tích khí;
- nhiệt độ tại đồng hồ đo khí;
- áp suất tại đồng hồ đo khí;
- áp suất không khí;
- hàm lượng oxy trong khí thải để chuyển đổi so với hàm lượng oxy tham chiếu.

Các dung sai được giả định bắt nguồn từ các nguồn khác nhau, ví dụ: từ hiệu chuẩn, từ độ trôi được xác định bằng thực nghiệm, hoặc từ thông số kỹ thuật của nhà sản xuất. Để tính toán độ lệch chuẩn và phương sai từ các dung sai này, các đánh giá Loại B cũng được sử dụng ở đây. Giả định một phân bố hình chữ nhật của các giá trị, đóng vai trò là cơ sở để tính toán các phương sai tương ứng. Trong ví dụ này, các bất định của các đại lượng ảnh hưởng sau được tính đến:

- hiệu chuẩn;
- độ trôi;
- độ phân giải màn hình.

Từ các phương sai của các đại lượng ảnh hưởng này, tổng phương sai của các tham số riêng lẻ được tính bằng phép cộng, chẳng hạn như phương sai của thể tích mẫu đo được, nhiệt độ và áp suất tại đồng hồ đo khí, và áp suất khí quyển. Việc tính toán nồng độ bụi phụ thuộc vào các đại lượng đo như thể tích mẫu tại đồng hồ đo khí, nhiệt độ tại đồng hồ đo khí, áp suất tại đồng hồ đo khí, áp suất khí quyển, khối lượng bụi đã cân và hàm lượng oxy tham chiếu để chuẩn hóa có thể được mô tả bằng một phương trình và do đó cũng có thể được xử lý toán học trong một bước. Để làm rõ quá trình tính toán, các bước riêng lẻ sau đây được xử lý riêng biệt trong ví dụ này:

- tính toán thể tích chuẩn;

- tính toán sự khác biệt về khối lượng bụi trước và sau khi cân;
- tính toán nồng độ bụi;
- tính toán nồng độ bụi trong điều kiện tham chiếu oxy.

Mỗi phép tính này đều tuân theo cùng một sơ đồ. Trong bước đầu tiên, phương trình mô hình được thiết lập. Trong bước thứ hai, các đạo hàm riêng được hình thành cho tất cả các đại lượng đo có trong phương trình mô hình này và các hệ số độ nhạy được xác định.

Sử dụng các hệ số độ nhạy thu được và phương sai của từng đại lượng đo, phương sai của kết quả đo được tính toán trong bước thứ ba.

G.3.2 Đặc tả phương trình mô hình phương pháp

Đại lượng đo bụi là nồng độ khối lượng của bụi ở điều kiện tiêu chuẩn và cho hàm lượng oxy tham chiếu. Phương trình mô hình phương pháp xem xét $K = 7$ đại lượng đầu vào:

$$c_{s,O_2} = f(m_1, m_2, V_m, p_{atm}, \Delta p, t_m, o_m) \quad (G.8)$$

trong đó

- m_1 khối lượng của bộ lọc rỗng (trước khi lấy mẫu);
- m_2 khối lượng của bộ lọc chứa bụi (sau khi lấy mẫu);
- P_{atm} áp suất khí quyển (áp suất môi trường);
- Δp áp suất tương đối (thường là áp suất thấp), được đo tại đồng hồ đo khí;
- V_m thể tích mẫu;
- t_m nhiệt độ tại đồng hồ đo khí, tính bằng °C;
- o_m hàm lượng oxy theo thể tích.

Phương trình phương pháp cho kết quả đo dưới dạng hàm của các đại lượng đầu vào đã xác định là:

$$c_{s,O_2} = \frac{1013 \text{ hPa}}{273 \text{ K}} \cdot \frac{(273 \text{ K} + t_m)}{(p_{atm} + \Delta p)} \cdot \frac{(21\% - o_{ref})}{(21\% - o_m)} \cdot \frac{(m_2 - m_1)}{V_m} \quad (G.9)$$

trong đó o_{ref} hàm lượng oxy tham chiếu theo thể tích.

Trong Công thức (G.9), các giá trị tham chiếu cho áp suất (1013 hPa) và nhiệt độ (273 K) được làm tròn như thường lệ.

Nhiệt độ t_m thu được tại đồng hồ đo khí có thể được chuyển đổi thành nhiệt độ tuyệt đối $t_m = 273 \text{ K} + t_m$. Độ không đảm bảo đo của hằng số 273 K được coi là không đáng kể trong ví dụ này. Độ không đảm bảo đo của nhiệt độ t_m đo được sau đó bằng độ không đảm bảo đo của nhiệt độ tuyệt đối T_m .

G.3.3 Tính toán từng bước các đóng góp độ không đảm bảo riêng lẻ

G.3.3.1 Xác định phương sai cho các đại lượng đo riêng lẻ

Trong phần tiếp theo, phương sai của các đại lượng đo riêng lẻ (thể tích mẫu, nhiệt độ tại đồng hồ đo khí, áp suất tại đồng hồ đo khí, áp suất khí quyển) được ước tính. Chủ yếu sử dụng các thông số kỹ thuật của thiết bị đã biết hoặc được xác định dưới dạng dung sai hoặc giá trị đo được cho các đóng góp độ không đảm bảo khác nhau.

Các đóng góp độ không đảm bảo sau đây được xem xét:

- hiệu chuẩn;
- độ trôi;
- độ phân giải hiển thị.

Phương sai cũng có thể được tính toán nếu chỉ biết rằng giá trị đo được nằm trong một phạm vi đã biết xung quanh giá trị thực (giá trị mong muốn). Ví dụ, đây là trường hợp khi sử dụng các hệ thống đo có giới hạn sai số đo nhất định. Phương sai sau đó được tính toán dựa trên giả định về phân bố đều (phân bố hình chữ nhật). Giả định về phân bố hình chữ nhật như vậy có nghĩa là ước tính độ không đảm bảo mang tính bảo thủ.

G.3.3.2 Xác định phương sai của phép cân với quả cân thử làm chuẩn

Đối với phép cân, các chuẩn khối lượng đo được sử dụng làm chuẩn. Đối với các chuẩn này, cơ quan đo lường có trách nhiệm quy định, trong quá trình đo, độ lệch so với khối lượng danh nghĩa cũng như độ lệch chuẩn là độ không đảm bảo của phép đo. Giả định rằng đây là độ lệch chuẩn dựa trên phân phối chuẩn. Từ dữ liệu này và một số lần cân lặp lại, độ không đảm bảo của phép cân có thể được tính toán theo Công thức (G.10):

$$u^2(m_1) = s^2(m) \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) + u_b^2 + u^2(m_{\text{ref}}) \quad (\text{G.10})$$

trong đó:

- $u(m_1)$ độ không đảm bảo của phép cân;
- $s(m)$ độ lệch chuẩn của các giá trị đo được m của các phép cân so sánh sử dụng chuẩn khối lượng tham chiếu;
- u_b độ lệch (độ sai lệch giữa giá trị trung bình của chuỗi phép đo, được xác định trên cơ sở các số đọc của cân trong trường hợp đặt lại quả cân tham chiếu, và giá trị danh nghĩa của quả cân tham chiếu);
- $u(m_{\text{ref}})$ độ không đảm bảo của quả cân tham chiếu;
- n số lần cân.

Vì các đóng góp không đảm bảo của độ lệch và trọng lượng tham chiếu thường nhỏ so với tổng độ không đảm bảo $u(m_1)$, nên số bậc tự do trong quá trình cân bằng $n-1$

G.3.3.3 Xác định phương sai của tải trọng bụi

Phương trình mô hình để xác định khối lượng bụi bằng cách cân bao gồm hai bước: trước khi cân và sau khi cân. Cả hai bước đều liên quan đến độ không đảm bảo của phép đo:

$$m = m_2 - m_1 \quad (G.11)$$

trong đó:

m khối lượng bụi thu được;

m_1 khối lượng của bộ lọc rỗng (trước khi cân);

m_2 khối lượng của bộ lọc đã chứa bụi (sau khi cân).

Phương sai của m được tính theo Công thức (G.12):

$$\text{var}(m) = e^2(m_2) \cdot \text{var}(m_2) + e^2(m_1) \cdot \text{var}(m_1) \quad (G.12)$$

Trong đó:

$e(m_1)$ hệ số độ nhạy của trước khi cân;

$e(m_2)$ hệ số độ nhạy của việc cân sau;

$\text{var}(m_1)$ phương sai của việc cân trước;

$\text{var}(m_2)$ phương sai của việc cân sau.

Các hệ số độ nhạy được suy ra từ Công thức (G.13) và Công thức (G.14):

$$e(m_2) = \frac{\partial m}{\partial m_2} = \frac{\partial}{\partial m_2} (m_2 - m_1) = 1 \quad (G.13)$$

$$e(m_1) = \frac{\partial m}{\partial m_1} = \frac{\partial}{\partial m_1} (m_2 - m_1) = -1 \quad (G.14)$$

Thay các hệ số độ nhạy vào Công thức (G.12) ta được Công thức (G.15):

$$\text{var}(m) = e^2(m_2) \cdot \text{var}(m_2) + e^2(m_1) \cdot \text{var}(m_1) = 1^2 \cdot \text{var}(m_2) + (-1)^2 \cdot \text{var}(m_1) = \text{var}(m_2) + \text{var}(m_1) \quad (G.15)$$

Nếu khối lượng m của bụi thu được nhỏ so với khối lượng bộ lọc m_1 (thường là trường hợp khi cân cả giá đỡ bộ lọc), thì độ không đảm bảo đo lường cho trước và sau khi cân có thể được coi là bằng nhau:

$$\text{var}(m_2) = \text{var}(m_1) \quad (G.16)$$

Độ không đảm bảo đo lường tuyệt đối $u(m)$ và độ không đảm bảo đo lường tương đối $w(m)$ của bụi thu được được tính như sau:

$$u(m) = \sqrt{\text{var}(m)} = \sqrt{2 \cdot \text{var}(m_1)} \quad (\text{G.17})$$

$$w(m) = \frac{u(m)}{m} = \frac{\sqrt{\text{var}(m)}}{m} \quad (\text{G.18})$$

Vì đối với cả việc cân trước và cân sau, phương sai và số bậc tự do là bằng nhau, nên số bậc tự do cho phép đo khối lượng bụi giống hệt với số bậc tự do hợp lệ cho việc cân lặp lại một quả cân thử nghiệm.

G.3.3.4 Xác định phương sai của thể tích khí đo được

Ví dụ này minh họa việc xác định độ không đảm bảo khi sử dụng đồng hồ đo khí thông thường. Các yếu tố gây ra sự không đảm bảo sau đây cần được tính đến:

- độ không đảm bảo của thiết bị đo thể tích được sử dụng để hiệu chuẩn:

$$u(V_{\text{ref}}) = \frac{U(V_{\text{ref}})}{2} = \frac{W(V_{\text{ref}})}{2} \cdot V_m \quad (\text{G.19})$$

Trong đó:

$u(V_{\text{ref}})$ độ không đảm bảo của thiết bị đo thể tích được sử dụng để hiệu chuẩn;

$U(V_{\text{ref}})$ độ không đảm bảo mở rộng do nhà sản xuất hoặc cơ quan đo lường xác định; giả định phân bố chuẩn của các giá trị, mức độ tin cậy 95 % và số bậc tự do đủ để xác định độ không đảm bảo mở rộng $n \rightarrow \infty; k = 2$;

$W(V_{\text{ref}})$ độ không đảm bảo mở rộng liên quan đến thể tích đo được và được xác định trong quá trình đo;

V_m thể tích đo được.

- độ lệch chuẩn lặp lại thu được bằng cách đo lặp lại cùng một thể tích khí mẫu:

$$u_{\text{rep}}(V_m) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (V_{m,i} - \bar{V}_m)^2} \quad (\text{G.20})$$

trong đó:

$U_{\text{ref}}(V_m)$ độ không đảm bảo gây ra bởi các biến đổi ngẫu nhiên của phản hồi của thiết bị;

$V_{m,i}$ giá trị đo được thứ nhất của thể tích;

$\bar{V}_m$ giá trị trung bình của các phép đo lặp lại;

n là số lần đo lặp lại.

Số bậc tự do bằng $n - 1$.

Độ lệch chuẩn lặp lại được tính đến nếu bản thân các thiết bị đo thể tích không được đo trực tiếp mà được hiệu chuẩn bằng một thiết bị đo thể tích có chuẩn. Trong trường hợp này, người ta giả định rằng độ lệch gần như được loại bỏ hoàn toàn bằng cách hiệu chuẩn và do đó là không đáng kể.

- Độ phân giải hiển thị:

$$u_{\text{res}}(V_m) = \frac{a_{\text{res}}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{G.21})$$

Trong đó:

$U_{\text{res}}(V_m)$ độ không đảm bảo gây ra bởi độ phân giải màn hình;

U_{res} độ không chính xác của màn hình (khoảng cách giữa hai vạch chia độ của màn hình tương tự hoặc bước nhỏ nhất có thể của màn hình kỹ thuật số).

Vì phép đo này được thực hiện cả ở đầu và cuối phép đo, nên giá trị này phải được xem xét hai lần.

Giả sử độ không chính xác của màn hình được cho bởi phân bố hình chữ nhật. Khi đó, số bậc tự do là vô hạn. Phương sai của phép đo thể tích $\text{var}(V_m)$ là tổng bình phương của các độ không đảm bảo đã đề cập ở trên:

$$\text{var}(V_m) = e^2(V_{\text{ref}}) \cdot u^2(V_{\text{ref}}) + e_{\text{rep}}^2(V_m) \cdot u_{\text{rep}}^2(V_m) + 2 \cdot e_{\text{res}}^2(V_m) \cdot u_{\text{res}}^2(V_m) \quad (\text{G. 22})$$

Vì trong trường hợp này, các hệ số độ nhạy riêng lẻ đều được đặt bằng một, nên Công thức (G.23) được đơn giản hóa thành:

$$\text{var}(V_m) = u^2(V_{\text{ref}}) + u_{\text{rep}}^2(V_m) + 2 \cdot u_{\text{res}}^2(V_m) \quad (\text{G. 23})$$

Độ lệch chuẩn tuyệt đối và tương đối có liên quan được tính theo Công thức (G.17) và Công thức (G.18).

Số bậc tự do hiệu quả cho việc xác định thể tích được tính bằng Công thức (G.54). Các số hạng có số bậc tự do vô hạn sẽ được đặt bằng không.

G.3.3.5 Xác định phương sai của nhiệt độ đo được tại đồng hồ đo khí

Trong ví dụ này, giả định rằng nhiệt độ đo được tại đồng hồ đo khí sẽ được xem xét vì việc chuyển đổi sau này từ điều kiện vận hành sang điều kiện tiêu chuẩn. Ở đây, các độ không đảm bảo riêng lẻ sau đây được tính đến:

- độ không đảm bảo do thực tế là, trong quá trình lấy mẫu, nhiệt độ trong thiết bị lấy mẫu chỉ được đo ngẫu nhiên chứ không liên tục:

$$u_{\text{mean}}(T_m) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (T_{m,i} - \bar{T}_m)^2} \quad (\text{G.24})$$

Trong đó:

$u_{\text{mean}}(T_m)$ độ không đảm bảo của giá trị trung bình của nhiệt độ do phép đo nhiệt độ ngẫu nhiên;

T_{mi} giá trị đo được thứ i của nhiệt độ;

$\overline{T_m}$ giá trị trung bình của các nhiệt độ đo được;

n số lần đo nhiệt độ. Số bậc tự do bằng $n - 1$.

- độ không đảm bảo của nhiệt kế đo được:

$$u_{\text{cal}}(T_M) = \frac{U_{\text{cal}}}{2} = \frac{W_{\text{cal}}}{2} \cdot T_m \quad (\text{G.25})$$

trong đó:

$u_{\text{cal}}(T_m)$ độ không đảm bảo của nhiệt kế đo được sử dụng để đo;

U_{cal} độ không đảm bảo mở rộng do nhà sản xuất hoặc cơ quan đo lường xác định; giả định phân bố chuẩn của các giá trị, mức độ tin cậy 95 % và số bậc tự do đủ để xác định độ không đảm bảo mở rộng $n \rightarrow \infty; k = 2$;

W_{cal} là độ không đảm bảo mở rộng liên quan đến nhiệt độ đo được và được xác định trong quá trình đo;

T_m là nhiệt độ khí mẫu đo được tại đồng hồ đo khí.

Nếu không sử dụng nhiệt kế đo được, mà sử dụng nhiệt kế đã được hiệu chuẩn so với nhiệt kế đo được, thì độ không đảm bảo sẽ được xác định tương tự như Công thức (G.1).

- độ phân giải màn hình:

$$u_{\text{res}}(T_m) = \frac{a_{\text{res}}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{G.26})$$

trong đó:

$u_{\text{res}}(T_m)$ độ không đảm bảo do độ phân giải màn hình;

a_{res} độ không chính xác của màn hình (khoảng cách giữa hai vạch chia độ của màn hình tương tự hoặc bước nhỏ nhất có thể của màn hình kỹ thuật số).

Giả sử rằng sai số đọc được cho dưới dạng phân bố hình chữ nhật. Khi đó, số bậc tự do là vô hạn.

Phương sai của phép đo nhiệt độ $\text{var}(T_m)$ là tổng bình phương của các độ không đảm bảo đã đề cập ở trên:

$$\text{var}(T_m) = e_{\text{mean}}^2(T_m) \cdot u_{\text{mean}}^2(T_m) + e_{\text{cal}}^2(T_m) \cdot u_{\text{cal}}^2(T_m) + e_{\text{res}}^2(T_m) \cdot u_{\text{res}}^2(T_m) \quad (\text{G.27})$$

Vì trong trường hợp này, các hệ số độ nhạy riêng lẻ cũng được đặt bằng một, nên Công thức (G.28) được đơn giản hóa thành:

$$\text{var}(T_m) = u_{\text{mean}}^2(T_m) + u_{\text{cal}}^2(T_m) + u_{\text{res}}^2(T_m) \quad (\text{G.28})$$

Các độ lệch chuẩn tuyệt đối và tương đối có liên quan được tính tương tự như Công thức (G.17) và Công thức (G.18).

Số bậc tự do hiệu quả cho việc xác định nhiệt độ được tính bằng cách sử dụng

Công thức (G.54). Các số hạng có số bậc tự do vô hạn được đặt bằng không.

G.3.3.6 Xác định phương sai của áp suất tương đối tại đồng hồ đo khí

Đóng góp này không áp dụng nếu - như thường thấy ở các hệ thống hiện đại - đồng hồ đo khí trực tiếp phát ra không khí xung quanh. Tuy nhiên, trong ví dụ này, giả định rằng áp suất thấp tại đồng hồ đo khí phải được tính đến khi tính toán thể tích ở điều kiện tiêu chuẩn.

Hơn nữa, trong ví dụ này, giả định rằng dụng cụ đo áp suất không thể hiệu chuẩn, do đó đóng góp độ không đảm bảo cho việc hiệu chuẩn không áp dụng.

Vì vậy, các độ không đảm bảo riêng lẻ sau đây được tính đến:

- độ không đảm bảo do biến động áp suất thấp được quan sát và ghi lại trong quá trình lấy mẫu:

$$u_{\text{tmean}}(P_m) = \quad (\text{G.29})$$

Trong đó:

$U_{\text{mean}}(P_m)$ là độ không đảm bảo do biến thiên áp suất thấp;

P_i là giá trị đo được thứ i cho áp suất thấp;

P là giá trị trung bình của các phép đo áp suất;

N là số lượng phép đo áp suất.

Số bậc tự do bằng $n - 1$.

- độ phân giải hiển thị:

$$u_{\text{res}}(\Delta p) = \frac{a_{\text{res}}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{G.30})$$

trong đó:

$U_{\text{res}}(AP)$ là độ không đảm bảo do độ phân giải hiển thị;

A_{res} là độ không chính xác của màn hình (khoảng cách giữa hai vạch chia).

Giả sử sai số thang đo được cho dưới dạng phân bố hình chữ nhật. Khi đó số bậc tự do là vô hạn.

Phương sai của phép đo áp suất thấp $\text{var}(ip)$ là tổng bình phương của các bất định đã đề cập ở trên:

$$\text{var}(\Delta p) = e_{\text{mean}}^2(p_m) \cdot u_{\text{mean}}^2(p_m) + e_{\text{res}}^2(\Delta p) \cdot u_{\text{res}}^2(\Delta p) \quad (\text{G.31})$$

Vì trong trường hợp này, các hệ số độ nhạy riêng lẻ cũng được đặt bằng một, nên Công thức (G.31) được đơn giản hóa thành:

$$\text{var}(\Delta p) = u_{\text{mean}}^2(p_m) + u_{\text{res}}^2(\Delta p) \quad (\text{G.32})$$

Các độ lệch chuẩn tuyệt đối và tương đối có liên quan được tính tương tự như Công thức (G.17) và Công thức (G.18).

Số bậc tự do hiệu quả để xác định áp suất thấp được tính bằng Công thức (G.54). Các số hạng có số bậc tự do vô hạn được đặt bằng không.

G.3.3.7 Xác định phương sai của áp suất không khí đo được

Để xác định phương sai hoặc độ không đảm bảo của phép đo áp suất không khí, các yếu tố sau đây được xem xét:

- độ không đảm bảo của áp kế đo được:

$$u_{\text{cal}}(p_{\text{atm}}) = \frac{U_{\text{cal}}}{2} \quad (\text{G.33})$$

Trong đó:

$U_{\text{cal}}(p_{\text{atm}})$ đóng góp độ không đảm bảo dựa trên độ không đảm bảo mở rộng theo chứng chỉ hiệu chuẩn;

U_{cal} độ không đảm bảo mở rộng của áp kế theo chứng chỉ hiệu chuẩn; giả định phân bố chuẩn của các giá trị, mức độ tin cậy 95 % và số bậc tự do đủ để xác định độ không đảm bảo mở rộng $n \rightarrow \infty; k = 2$;

Nếu không sử dụng áp kế có độ không đảm bảo được chứng nhận, mà sử dụng áp kế được hiệu chuẩn so với một áp kế được chứng nhận, thì độ không đảm bảo phải được xác định tương tự như Công thức (G.1).

- độ trôi của màn hình hiển thị của áp kế:

$$u_{\text{drift}}(p_{\text{atm}}) = \frac{a_{\text{drift}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{G.34})$$

trong đó:

$u_{\text{drift}}(p_{\text{atm}})$ đóng góp độ không đảm bảo của độ trôi của áp kế;

a_{drift} độ trôi quan sát được trong khoảng thời gian đo.

Giả sử độ trôi được cho dưới dạng phân bố hình chữ nhật. Khi đó, số bậc tự do là vô hạn.

- Độ phân giải màn hình:

$$u_{\text{res}}(p_{\text{atm}}) = \frac{a_{\text{res}}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{G.35})$$

trong đó:

$U_{\text{res}}(P_{\text{atm}})$ độ không đảm bảo do độ phân giải màn hình;

a_{res} độ không chính xác của màn hình (khoảng cách giữa hai vạch chia độ của màn hình tương tự hoặc bước nhỏ nhất có thể của màn hình kỹ thuật số).

Giả sử sai số đọc được cho dưới dạng phân bố hình chữ nhật. Khi đó, số bậc tự do là vô hạn.

Từ dữ liệu này, phương sai của áp suất không khí đo được $\text{var}(p_{\text{atm}})$ được tính như sau:

$$\text{var}(p_{\text{atm}}) = u_{\text{cal}}^2(p_{\text{atm}}) + u_{\text{drift}}^2(p_{\text{atm}}) + u_{\text{res}}^2(p_{\text{atm}}) \quad (\text{G.36})$$

Trong trường hợp này, hệ số độ nhạy cũng bằng một. Do đó, chúng không được xem xét trong Công thức (G.36).

Số bậc tự do hiệu quả để xác định áp suất không khí được tính bằng cách sử dụng Công thức (G.54). Các số hạng với Một số lượng vô hạn các bậc tự do được đặt bằng không.

G.3.3.8 Xác định phương sai của thể tích chuẩn

Bước đầu tiên bao gồm việc xác định phương sai của thể tích chuẩn, dựa trên phương trình mô hình sau (xem Công thức (G.37)):

$$V_{m,s} = V_m \cdot \frac{273 \text{ K}}{1013 \text{ hPa}} \cdot \frac{(p_{\text{atm}} + \Delta p)}{(273 \text{ K} + t_m)} \quad (\text{G.37})$$

Ở đây, V_{ms} là thể tích mẫu ở điều kiện chuẩn (1013 hPa và 273 K).

Phương sai của thể tích chuẩn được tính bằng công thức sau:

$$\text{var}(V_{m,s}) = e^2(V_m) \cdot \text{var}(V_m) + e^2(p_{\text{atm}}) \cdot \text{var}(p_{\text{atm}}) + e^2(\Delta p) \cdot \text{var}(\Delta p) + e^2(t_m) \cdot \text{var}(t_m) \quad (\text{G.38})$$

Đối với các đại lượng ảnh hưởng là thể tích tại đồng hồ đo khí, nhiệt độ tại đồng hồ đo khí, áp suất tại đồng hồ đo khí, và áp suất không khí, cần có các phương sai đã tính ở trên và các hệ số độ nhạy tương ứng.

G.3.3.9 Tính toán các hệ số độ nhạy

Các hệ số độ nhạy được tính bằng cách đạo hàm riêng của Công thức (G.37) theo V_m , t_m , P_{atm} và Δp . Với hằng số $F = 273 \text{ K}/1013 \text{ hPa}$, các hệ số được cho bởi:

- hệ số nhạy cảm của thể tích:

$$e(V_m) = \frac{\partial V_{m,s}}{\partial V_m} = \frac{\partial}{\partial V_m} \left(F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{273 \text{ K} + t_m} \cdot V_m \right) = F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{273 \text{ K} + t_m} \quad (\text{G.39})$$

- hệ số nhạy cảm của áp suất khí quyển:

$$e(p_{\text{atm}}) = \frac{\partial V_{m,s}}{\partial p_{\text{atm}}} = \frac{\partial}{\partial p_{\text{atm}}} \left(F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{273K + t_m} \cdot V_m \right) = F \cdot \frac{V_m}{273K + t_m} \quad (\text{G.40})$$

- Hệ số nhạy cảm của áp suất thấm:

$$e(\Delta p) = \frac{\partial V_{m,s}}{\partial \Delta p} = \frac{\partial}{\partial \Delta p} \left(F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{273K + t_m} \cdot V_m \right) = F \cdot \frac{V_m}{273K + t_m} \quad (\text{G.41})$$

- Hệ số nhạy cảm của nhiệt độ:

$$e(t_m) = \frac{\partial V_{m,s}}{\partial t_m} = \frac{\partial}{\partial t_m} \left(F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{273K + t_m} \cdot V_m \right) = -F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{(273K + t_m)^2} \cdot V_m \quad (\text{G.42})$$

Bằng cách thay thế các hệ số độ nhạy vào Công thức (G.38), ta thu được phương sai của thể tích chuẩn như sau:

$$\begin{aligned} \text{var}(V_{m,s}) = & \left(F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{273K + t_m} \right)^2 \cdot \text{var}(V_m) + \left(F \cdot \frac{V_m}{273K + t_m} \right)^2 \cdot \text{var}(p_{\text{atm}}) \\ & + \left(F \cdot \frac{V_m}{273K + t_m} \right)^2 \cdot \text{var}(\Delta p) + \left(F \cdot \frac{p_{\text{atm}} + \Delta p}{(273K + t_m)^2} \cdot V_m \right)^2 \cdot \text{var}(t_m) \end{aligned} \quad (\text{G.43})$$

- áp suất thấp:

Số bậc tự do hiệu quả cho thể tích chuẩn được tính bằng Công thức (G.54), có tính đến các hệ số độ nhạy, phương sai và số bậc tự do hiệu quả cho từng đại lượng đo riêng lẻ. Các số hạng có số bậc tự do vô hạn được đặt bằng không.

G.3.3.10 Tính toán phương sai của nồng độ bụi chuẩn hóa

Nồng độ bụi c cho điều kiện tiêu chuẩn của khí thải được tính như sau:

$$c_s = \frac{m}{V_{m,s}} \quad (\text{G.44})$$

Độ không đảm bảo của phép đo đối với nồng độ bụi này, được biểu thị bằng phương sai, được tính theo công thức (G.45) sau:

$$\text{var}(c_s) = e^2(m) \cdot \text{var}(m) + e^2(V_{m,s}) \cdot \text{var}(V_{m,s}) \quad (\text{G.45})$$

Các hệ số độ nhạy được thu được dưới dạng đạo hàm riêng:

$$e(m) = \frac{\partial c_s}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left(\frac{m}{V_{m,s}} \right) = \frac{1}{V_{m,s}} \quad (\text{G.46})$$

$$e(V_{m,s}) = \frac{\partial c_s}{\partial V_{m,s}} = \frac{\partial}{\partial V_{m,s}} \left(\frac{m}{V_{m,s}} \right) = -\frac{m}{V_{m,s}^2} \quad (\text{G.47})$$

Bằng cách thay thế điều này vào Công thức (G.45), thu được Công thức (G.48) sau đây cho phương sai của nồng độ bụi được chuẩn hóa:

$$\text{var}(c_s) = \left(\frac{1}{V_{m,s}} \right)^2 \cdot \text{var}(m) + \left(-\frac{m}{V_{m,s}^2} \right)^2 \cdot \text{var}(V_{m,s}) \quad (\text{G.48})$$

Số lượng bậc tự do hiệu quả của nồng độ bụi chuẩn hóa được tính bằng cách sử dụng Công thức (G.54), có tính đến các hệ số độ nhạy, phương sai và số lượng bậc tự do hiệu quả cho từng đại lượng đo. Các số hạng có số bậc tự do vô hạn được đặt bằng không.

G.3.3.11 Tính toán phương sai của nồng độ bụi chuẩn hóa cho hàm lượng oxy tham chiếu

Nồng độ bụi chuẩn hóa cho hàm lượng oxy tham chiếu xác định được tính theo Công thức sau (G.49):

$$c_{s,O_2} = c_s \cdot \frac{21\% - o_{\text{ref}}}{21\% - o_m} \quad (\text{G.49})$$

Độ không đảm bảo đo lường đối với nồng độ bụi này, được biểu thị bằng phương sai, được cho bởi Công thức sau (G.50):

$$\text{var}(c_{s,O_2}) = e^2(c_s) \cdot \text{var}(c_s) + e^2(o_m) \cdot \text{var}(o_m) \quad (\text{G.50})$$

Các hệ số độ nhạy được thu được dưới dạng đạo hàm riêng:

$$e(c_s) = \frac{\partial c_{s,O_2}}{\partial c_s} = \frac{\partial}{\partial c_s} \left(c_s \cdot \frac{21\% - o_{\text{ref}}}{21\% - o_m} \right) = \frac{21\% - o_{\text{ref}}}{21\% - o_m} \quad (\text{G.51})$$

$$e(o_m) = \frac{\partial c_{s,O_2}}{\partial o_m} = \frac{\partial}{\partial o_m} \left(c_s \cdot \frac{21\% - o_{\text{ref}}}{21\% - o_m} \right) = c_s \cdot \frac{21\% - o_{\text{ref}}}{(21\% - o_m)^2} \quad (\text{G.52})$$

Bằng cách thay thế điều này vào Công thức (G.50), ta thu được Công thức (G.53):

$$\text{var}(c_{s,O_2}) = \left(\frac{21\% - o_{\text{ref}}}{21\% - o_m} \right)^2 \cdot \text{var}(c_s) + \left(c_s \cdot \frac{21\% - o_{\text{ref}}}{(21\% - o_m)^2} \right)^2 \cdot \text{var}(o_m) \quad (\text{G.53})$$

Độ không đảm bảo của phép đo được xác định theo Công thức (G.53) và được biểu thị dưới dạng phương sai áp dụng cho nồng độ bụi trong điều kiện tiêu chuẩn, khí khô và hàm lượng oxy tham chiếu.

Số bậc tự do hiệu quả của nồng độ bụi trong điều kiện tiêu chuẩn, khí khô và hàm lượng oxy tham chiếu được tính bằng Công thức (G.54), có tính đến các hệ số độ nhạy, phương sai và số bậc tự do hiệu quả cho từng đại lượng đo. Các số hạng có số bậc tự do vô hạn được đặt bằng không.

Thay vì tính toán từng bước, minh họa chi tiết nguyên tắc của phương pháp gián tiếp, phương sai của nồng độ bụi trong điều kiện tiêu chuẩn, khí khô và hàm lượng oxy tham chiếu cũng có thể được tính

trong một bước, bằng cách sử dụng Công thức mô hình (G.9) và tính toán các hệ số độ nhạy của Công thức này.

G.4 Số bậc tự do hiệu quả

Tính hợp lệ về mặt thống kê của ước tính $\text{var}(Y)$ được đặc trưng bởi số bậc tự do hiệu quả V_{eff} . Với điều kiện các ảnh hưởng không được mô tả bởi dữ liệu đầu vào có thể bỏ qua, V_{eff} có thể được tính bằng Công thức Welch-Satterthwaite đơn giản hóa (G.54) (xem Iso 20988):

$$V_{\text{eff}} = \frac{\text{var}^2(Y)}{\sum_{i=1}^K \frac{e_i^4 \cdot \text{var}^2(x_i)}{v_i}} \quad (\text{G.54})$$

trong đó:

- V_{eff} số bậc tự do hiệu quả được gán cho ước tính phương sai $\text{var}(Y)$;
- v_i số bậc tự do (hiệu quả) được gán cho ước tính phương sai $\text{var}(x_i)$;
- e_i hệ số nhạy cảm đối với các biến thể của đại lượng đầu vào x_i .

Các giá trị không nguyên thu được cho V_{eff} sẽ được làm tròn xuống giá trị nguyên tiếp theo.

Bảng G.1 – Hệ số phủ k thu được từ phân phối t của Student như một hàm của số bậc tự do V_{eff} cho mức độ tin cậy P = 95 % (hai phía)^[4]

Số bậc tự do V_{eff}	Hệ số phủ k
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228
12	2,179
14	2,145
16	2,120
18	2,101
20	2,086
22	2,074
24	2,064
26	2,056
28	2,048
30	2,042

Phụ lục H

(Tham khảo)

Tính chất nhiệt của bụi

Bụi phát thải nhìn chung ổn định về nhiệt. Tuy nhiên, trong một số quy trình, khí cần lấy mẫu có chứa các hợp chất không ổn định hoặc bán bay hơi (tức là ở dạng hạt ở nhiệt độ thấp, ở dạng khí ở nhiệt độ cao hơn). Trong trường hợp này, nồng độ đo được phụ thuộc vào nhiệt độ lọc và/hoặc nhiệt độ sấy trước khi cân cuối cùng.

Các hiện tượng như vậy đã được báo cáo trong nhiều ngành công nghiệp:

- a) nhà máy điện được trang bị quy trình khử lưu huỳnh, do sự xuất hiện của hydrat;
- b) nhà máy điện sử dụng dầu nhiên liệu nặng hoặc động cơ diesel, do SO_3 và/hoặc các hợp chất hữu cơ;
- c) lò nung thủy tinh, do sự xuất hiện của các hợp chất boron bán bay hơi;
- d) lò đốt rác thải với các quy trình xử lý khí ướt và bán khô.

Đã có ghi nhận sự khác biệt về nồng độ bụi đo được (lên đến hệ số 10) và do đó, trong những trường hợp như vậy, kết quả đo được phải được liên kết với một nhiệt độ nhất định (tức là nhiệt độ cao nhất mà mẫu bụi đạt được trước khi cân).

Do sự đa dạng cực kỳ lớn của các tình huống có thể gặp phải, không thể tìm ra một nhiệt độ thông thường nào phù hợp trong tất cả các trường hợp.

Tuy nhiên, vì việc giữ lại hoàn toàn các hợp chất dễ bay hơi sẽ đòi hỏi nhiệt độ lọc rất thấp và sự cẩn thận đặc biệt trong quá trình lấy mẫu, nên có thể đạt được kết quả đáng tin cậy hơn nếu các hợp chất này không bị giữ lại hoặc tiếp tục bay hơi khi sấy khô. Đó là lý do tại sao nhiệt độ thông thường 160 °C, giúp tránh giữ lại hầu hết các hợp chất dễ bay hơi và phân hủy hầu hết các hydrat, thường được ưa chuộng.

Tùy thuộc vào các yêu cầu quy định và giấy phép của nhà máy, hoặc loại nước thải đặc biệt hoặc mục tiêu đo lường cụ thể, có thể áp dụng các nhiệt độ thông thường khác: ví dụ: Nhiệt độ có thể được giảm trong quá trình xử lý sau khi lấy mẫu nếu cần tính đến các sol khí hoặc các hợp chất ngưng tụ.

Ảnh hưởng của các hợp chất dễ bay hơi đến việc hiệu chuẩn hệ thống đo bụi tự động và việc lựa chọn nhiệt độ thông thường thích hợp cho phép đo SRM được mô tả trong EN 132 84-2.

Phụ lục I

(Tham khảo)

Những thay đổi kỹ thuật quan trọng

Điều	Thay đổi kỹ thuật
Điều 3	Các thuật ngữ và định nghĩa đã được điều chỉnh cho phù hợp với ISO 15259.
Điều 4	Đã bổ sung điều khoản về các ký hiệu và chữ viết tắt; các điều khoản tiếp theo đã được đánh số lại.
Điều 5	Đã bổ sung yêu cầu về độ không đảm bảo đo mở rộng đối với kết quả đo.
Điều 6	Nội dung đã được điều chỉnh theo ISO 15259; các điều khoản thuộc phạm vi của ISO 15259 đã được lược bỏ và thay thế bằng các tham chiếu đến ISO 15259.
6.1	Các yêu cầu cụ thể về việc lập kế hoạch đo bụi đã được chuyển từ 9.1 ban đầu
7.1	Đã bổ sung quy định yêu cầu thiết bị dùng để đo vận tốc tại các điểm nhằm thiết lập điều kiện đẳng tốc phải đáp ứng các yêu cầu của ISO 16911-1. Khi biểu thị nồng độ bụi ở điều kiện tiêu chuẩn ở trạng thái khí khô và/hoặc khi nồng độ cần được biểu thị tương ứng với nồng độ oxy tham chiếu, các thiết bị đo hơi nước và/hoặc oxy cần thiết phải đáp ứng yêu cầu của các tiêu chuẩn hiện hành.
7.2.2.3	Đã bổ sung nội dung khái quát về vật liệu lọc cũng như các ưu điểm và hạn chế của chúng.
7.2.6	Đã bổ sung các yêu cầu đối với thiết bị đo lưu lượng khí.
7.3	Đã nâng cao các yêu cầu về chất lượng nước tinh khiết và axeton.
8.2	Các yêu cầu quy chuẩn từ tài liệu Điều 9 gốc liên quan đến điều kiện chuẩn bị trước khi lấy mẫu đã được chuyển sang điều này.
8.4	Các yêu cầu quy định từ Điều 9 ban đầu về việc xử lý các phần mẫu đã cân sau khi lấy mẫu đã được chuyển sang điều này. Nội dung về việc xử lý sau lấy mẫu ở một nhiệt độ quy ước thay thế đã được bổ sung.
8.5	Nội dung về việc xử lý các dung dịch rửa sau lấy mẫu ở một nhiệt độ quy ước thay thế đã được bổ sung.
9.2	Việc xử lý bộ lọc được quy định chi tiết hơn.
9.3	Các bước đo sơ bộ cần thiết được mô tả chi tiết hơn.

9.4	Cách thức thực hiện kiểm tra rò rỉ được mô tả chi tiết hơn. Việc kiểm tra rò rỉ hiện là yêu cầu bắt buộc trước mỗi lần đo riêng lẻ, thay vì chỉ cần thực hiện ít nhất một lần mỗi ngày vào đầu chuỗi phép đo.
9.5	Phần mô tả về quy trình lấy mẫu đã được cải thiện dựa trên những kinh nghiệm tích lũy được kể từ khi ấn bản đầu tiên được công bố.
9.7	Quy trình xác định giá trị mẫu trắng hiện trường và quy định về giá trị tối đa cho phép đã được bổ sung.
Điều 11	Các nội dung chung của báo cáo đo đạc đã được lược bỏ và thay thế bằng việc viện dẫn ISO 15259.
Phụ lục	Các Phụ lục A, C và D ban đầu đã bị loại bỏ do nội dung của chúng đã được đề cập trong ISO 15259.
Phụ lục A	Các đặc tính hiệu năng của phương pháp, được xác định thông qua thử nghiệm thực địa, đã được chuyển từ phần nội dung chính sang phụ lục này.
Phụ lục B	Đã bổ sung phụ lục mới về ảnh hưởng của tốc độ đẳng động học (isokinetic rate) đối với tính đại diện của các hạt thu thập được.
Phụ lục C	Đã bổ sung ví dụ về loại đầu dò kiểu "cổ ngỗng" (goose-neck nozzle) đã được kiểm chứng.
Phụ lục G	Đã bổ sung ví dụ về việc xác định độ không đảm bảo đo đối với kết quả thu được từ phương pháp đo này.
Phụ lục H	Các nội dung mang tính tham khảo từ tài liệu gốc đã được chuyển sang phụ lục tham khảo mới này.
Phụ lục I	Đã bổ sung phụ lục tham khảo về các thay đổi kỹ thuật quan trọng.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] BELYAEV. S.P., and LEVIN, L.M. Investigation of aerosol aspiration by photographing particle tracks under flash illumination. J. Aerosol Sci. 1972, 3 (2) pp. 127–140
- [2] BELYAEV. S.P., and LEVIN, L.M. Techniques for collection of representative aerosol samples. J. Aerosol Sci. 1974, 5 (4) pp. 325–338
- [3] BARON. P.A. Description of an aerosol calculator. Proceedings of the Seventh International Aerosol Conference, September 10–15, 2006, St. Paul, Minnesota, USA. Mount Laurel, NJ: American Association for Aerosol Research, 2006, p. 555
- [4] EN 13284-2, *Stationary source emissions — Determination of low range mass concentration of dust — Part 2: Quality assurance of automated measuring systems*
- [5] [ISO 20988](#), *Air quality — Guidelines for estimating measurement uncertainty*
- [6] [ISO 5725-2](#), *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*