

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

**TCVN 10736-8:2016
ISO 16000-8:2007**

**KHÔNG KHÍ TRONG NHÀ - PHẦN 8: XÁC ĐỊNH
THỜI GIAN LƯU TRUNG BÌNH TẠI CHỖ CỦA
KHÔNG KHÍ TRONG CÁC TOÀ NHÀ ĐỂ XÁC ĐỊNH
ĐẶC TÍNH CÁC ĐIỀU KIỆN THÔNG GIÓ**

*Indoor air - Part 8: Determination of local mean ages
of air in buildings for characterizing ventilation conditions*

HÀ NỘI - 2016

Lời nói đầu

TCVN 10736-8:2016 hoàn toàn tương đương với ISO 16000-8:2007

TCVN 10736-8:2016 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 146 *Chất lượng không khí* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố

Bộ TCVN 10736 (ISO 16000) *Không khí trong nhà* gồm các phần sau

- TCVN 10736-1: 2015 (ISO 16000-1:2004) *Phần 1: Các khía cạnh chung của kế hoạch lấy mẫu;*
- TCVN 10736-2:2015 (ISO 16000-2:2004) *Phần 2: Kế hoạch lấy mẫu formaldehyt;*
- TCVN 10736-3:2015 (ISO 16000-3:2011) *Phần 3: Xác định formaldehyt và hợp chất cacbonyl khác trong không khí trong nhà và không khí trong buồng thử – Phương pháp lấy mẫu chủ động;*
- TCVN 10736-4:2015 (ISO 16000-4:2011) *Phần 4: Xác định formaldehyt – Phương pháp lấy mẫu khuếch tán;*
- TCVN 10736-5:2015 (ISO 16000-5:2007) *Phần 5: Kế hoạch lấy mẫu đối với hợp chất hữu cơ bay hơi (VOC);*
- TCVN 10736-6:2016 (ISO 16000-6:2011) *Phần 6: Xác định hợp chất hữu cơ bay hơi trong không khí trong nhà và trong buồng thử bằng cách lấy mẫu chủ động trên chất hấp phụ Tenax TA®, giải hấp nhiệt và sắc ký khí sử dụng MS hoặc MS-FID;*
- TCVN 10736-7:2016 (ISO 16000-7:2007) *Phần 7: Chiến lược lấy mẫu để xác định nồng độ sợi amiăng truyền trong không khí;*
- TCVN 10736-8:2016 (ISO 16000-8:2007) *Phần 8: Xác định thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí trong các tòa nhà để xác định đặc tính các điều kiện thông gió;*
- TCVN 10736-9:2016 (ISO 16000-9:2006) *Phần 9: Xác định phát thải của hợp chất hữu cơ bay hơi từ các sản phẩm xây dựng và đồ nội thất – Phương pháp buồng thử phát thải;*
- TCVN 10736-10:2016 (ISO 16000-10:2006) *Phần 10: Xác định phát thải của hợp chất hữu cơ bay hơi từ các sản phẩm xây dựng và đồ nội thất – Phương pháp ngăn thử phát thải;*
- TCVN 10736-11:2016 (ISO 16000-11:2006) *Phần 11: Xác định phát thải của hợp chất hữu cơ bay hơi từ các sản phẩm xây dựng và đồ nội thất – Lấy mẫu, bảo quản mẫu và chuẩn bị mẫu thử;*
- TCVN 10736-12:2016 (ISO 16000-12:2008) *Phần 12: Chiến lược lấy mẫu đối với polychloro biphenyl (PCB), polychloro dibenzo-p-dioxin (PCDD), polychloro dibenzofuran (PCDF) và hydrocacbon thơm đa vòng (PAH);*
- TCVN 10736-13:2016 (ISO 16000-13:2008) *Phần 13: Xác định tổng (pha khí và pha hạt) polychloro biphenyl giống dioxin (PCB) và polychloro dibenzo-p-dioxin/polychloro dibenzofuran (PCDD/PCDF) – Thu thập mẫu trên cái lọc được hỗ trợ bằng chất hấp phụ;*
- TCVN 10736-14:2016 (ISO 16000-14:2009) *Phần 14: Xác định tổng (pha khí và pha hạt) polychloro biphenyl giống dioxin (PCB) và polychloro dibenzo-p-dioxin/polychloro dibenzofuran (PCDD/PCDF) – Chiết, làm sạch và phân tích bằng sắc ký khí phân giải cao và khối phổ.*

TCVN 10736-8:2016

Bộ ISO 16000 *Indoor air* còn có các phần sau:

- ISO 16000-15:2008 Indoor air – Part 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO₂)
- ISO 16000-16:2008 Indoor air – Part 16: Detection and enumeration of moulds – Sampling by filtration
- ISO 16000-17:2008 Indoor air – Part 17: Detection and enumeration of moulds – Culture-based method
- ISO 16000-18:2011 Indoor air – Part 18: Detection and enumeration of moulds – Sampling by impaction
- ISO 16000-19:2012 Indoor air – Part 19: Sampling strategy for moulds
- ISO 16000-20:2014 Indoor air – Part 20: Detection and enumeration of moulds – Determination of total spore count
- ISO 16000-21:2013 Indoor air – Part 21: Detection and enumeration of moulds – Sampling from materials
- ISO 16000-23:2009 Indoor air – Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials
- ISO 16000-24:2009 Indoor air – Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials
- ISO 16000-25:2011 Indoor air – Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products – Micro-chamber method
- ISO 16000-26:2012 Indoor air – Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO₂)
- ISO 16000-27:2014 Indoor air – Part 27: Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method)
- ISO 16000-28:2012 Indoor air – Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers
- ISO 16000-29:2014 Indoor air – Part 29: Test methods for VOC detectors
- ISO 16000-30:2014 Indoor air – Part 30: Sensory testing of indoor air
- ISO 16000-31:2014 Indoor air – Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds – Phosphoric acid ester
- ISO 16000-32:2014 Indoor air – Part 32: Investigation of buildings for the occurrence of pollutants

Lời giới thiệu

Một sự thay đổi không khí đầy đủ quyết định chất lượng không khí trong nhà. Thông gió thích hợp của tất cả các tòa nhà là cần thiết cho sức khỏe và sự thoải mái của những người cư ngụ cũng như để bảo vệ chống lại thiệt hại (ví dụ do độ ẩm không khí quá mức). Tuy nhiên, hiện nay việc sử dụng các cửa sổ đóng kín, ví dụ như trong nhà ở và văn phòng, có thể dẫn đến thiếu thông thoáng. Tình trạng này có thể dẫn đến sự gia tăng nồng độ của các chất được phát thải trong nhà. Do đó cần có yêu cầu thông gió thủ công do những người cư ngụ thực hiện hoặc sử dụng các hệ thống thông gió cơ học. Tuy nhiên, thông gió quá mức có thể dẫn đến sự khó chịu và tăng tiêu thụ năng lượng.

Các qui chế xây dựng đưa ra quy định về hệ thống thông gió để kiểm soát độ ẩm và các chất ô nhiễm khác. Các phép đo của các điều kiện thông gió cho phép xác nhận liệu những yêu cầu đó có được đáp ứng trong thực tế. Kiến thức về các điều kiện thông gió là quan trọng để có thể phân tích những nguyên nhân có thể có của chất lượng không khí nghèo nàn trong nhà. Như vậy, lý tưởng nhất, lấy mẫu và phân tích các chất gây ô nhiễm trong nhà cần phải được kèm theo phép đo đánh giá thông gió, cách làm đó có thể ước tính cường độ của các nguồn chất ô nhiễm.

Tiêu chuẩn này mô tả việc sử dụng khí đánh dấu đơn lẻ để xác định thời gian lưu của không khí ("tuổi của không khí") trong một tòa nhà được thông gió tự nhiên hoặc cơ học. Thời gian lưu của không khí là một yếu tố quan trọng trong việc đánh giá sự phù hợp của hệ thống thông gió. Khái niệm "*local mean age of air*" – thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí (và là nghịch đảo của tốc độ thay đổi không khí hiệu quả tại chỗ đó) được sử dụng để đánh giá các điều kiện thông gió trong tòa nhà. Thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí trong một khu vực của tòa nhà cho biết thời gian trung bình không khí trong một khu vực đã trải qua trong tòa nhà đang tích tụ các chất ô nhiễm. Nó được gắn kết chặt chẽ với thời gian để trao đổi không khí trong phạm vi một khu vực. Nồng độ các chất gây ô nhiễm được thoát ra từ các nguồn trong nhà liên tục tăng theo độ dài của thời gian không khí đã trải qua trong nhà. Thời gian lưu của không khí ngắn hơn trong một không gian, thì nồng độ này càng thấp hơn. Thông thường, không khí thông gió được cung cấp tại các phần được chọn của khu vực bao quanh tòa nhà, và tìm đường tới các không gian khác nhau của tòa nhà. Vì vậy, trước khi không khí thông gió đạt tới một căn phòng cụ thể, một phần đáng kể của không khí đó có thể đã trải qua một thời gian trong các phòng khác, đang tích tụ các chất ô nhiễm. Do đó, thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí, chỉ ra không khí trong một không gian cụ thể đã lưu trong nhà bao lâu, cần phải được xem xét trong mối quan hệ với chất lượng không khí.

Tiêu chuẩn này là để mô tả việc sử dụng các kỹ thuật đo lường thông gió phù hợp cho các nghiên cứu chất lượng không khí. Với mục đích này, tốc độ thông gió và mô hình phân bố không khí trong tòa nhà cần phải được đo cho các điều kiện quan tâm đại diện.

ISO 12569 mô tả việc sử dụng pha loãng khí đánh dấu để xác định tốc độ thay đổi không khí trong một khu vực đơn lẻ. Các quy trình để pha loãng khí đánh dấu bao gồm phân rã nồng độ, phun liên tục và nồng độ không đổi. ISO 12569 cần phải được sử dụng khi nghiên cứu hiệu suất nhiệt của tòa nhà.

TCVN 10736-8:2016

Trong trường hợp khi một khu vực trao đổi không khí duy nhất với bên ngoài (tức là không có dòng chảy vào của không khí từ các phần khác của tòa nhà), nồng độ khí đánh dấu trong khu vực có thể được đặc trưng với một giá trị duy nhất, và các điều kiện thông gió là không đổi suốt thời gian đo; Tiêu chuẩn này và ISO 12569, theo lý thuyết, cần cho các kết quả giống như nhau. Các phương pháp được mô tả trong tiêu chuẩn này có thể sử dụng các điều kiện khác, ví dụ như trong không gian với một số khu vực, trong đó có thể trao đổi không khí với nhau, và trong trường hợp nơi các điều kiện thông gió thay đổi trong suốt thời gian đo.

Không khí trong nhà –

Phần 8: Xác định thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí trong các tòa nhà để xác định đặc tính các điều kiện thông gió

Indoor air –

Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả việc sử dụng khí đánh dấu để xác định thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí như là một chỉ số về điều kiện thông gió trong một tòa nhà. Quy trình bao gồm phân rã nồng độ và phát thải ổn định đồng nhất.

Các phương pháp được mô tả nhằm để nghiên cứu chất lượng không khí và có thể được sử dụng để

- Kiểm tra xem các yêu cầu thông gió của tòa nhà được đáp ứng hay không,
- Ước tính tính đầy đủ của thông gió trong các tòa nhà với những vấn đề về chất lượng không khí trong nhà, và
- Xác định đặc trưng cường độ và sự phân bố của các nguồn phát thải trong nhà.

Về nguyên tắc, các phương pháp có thể được áp dụng cho tất cả các không gian trong nhà, với mọi loại hệ thống thông gió được sử dụng và tình trạng trộn lẫn của không khí giữa các khu vực. Các điều kiện thông gió hiện thời không bị ảnh hưởng bởi phép đo.

Tiêu chuẩn này không đề cập đến các chi tiết của các phương pháp phân tích khí đánh dấu. Sự sẵn sàng của các dịch vụ phân tích như vậy cần phải được kiểm tra trước khi lên kế hoạch các phép đo hiện trường thực tế.

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).

Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993¹⁾ (Hướng dẫn thể hiện độ không đảm bảo đo (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993)

ISO 12569, *Thermal performance of buildings – Determination of air change in buildings – Tracer gas dilution method* (Tính năng nhiệt của tòa nhà – Xác định sự thay đổi không khí trong tòa nhà – Phương pháp pha loãng khí đánh dấu).

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong ISO 12569 và các thuật ngữ sau đây.

3.1

Sự phát thải đồng nhất (homogeneous emission)

Chiến lược để bơm khí đánh dấu theo cách thức mà tốc độ bơm trên đơn vị thể tích là bằng nhau trong tất cả các phần của hệ thống được thông gió

3.2

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí (local mean age of air)

Thông số thông gió, mô tả quãng thời gian trung bình mà không khí tại một địa điểm cụ thể đã trải qua bên trong một tòa nhà.

CHÚ THÍCH: Xem A.1 để hiểu thêm thuật ngữ này.

3.3

Hệ thống được thông gió (ventilated system)

Không gian của tòa nhà, nơi có thể trao đổi không khí trực tiếp hoặc gián tiếp với không gian được quan tâm

CHÚ THÍCH: Tại ranh giới của hệ thống được thông gió, không có dòng không khí vào nào khác ngoại trừ không khí ngoài trời.

3.4

Khu vực (zone)

Không gian bên trong tòa nhà nơi sự hòa trộn không khí đủ tạo ra một nồng độ đồng nhất về cơ bản của một chất khí đánh dấu được phát ra đến mọi nơi trong phạm vi không gian đó

CHÚ THÍCH 1: Để được coi là một khu vực, không gian không nên có biểu hiện khác biệt nồng độ lớn hơn 20 % của giá trị trung bình.

CHÚ THÍCH 2: Một khu vực có thể là phần của một phòng, toàn bộ một phòng hoặc một vài phòng.

¹⁾ Tài liệu này đã được thay thế bằng ISO/IEC Guide 98-3. ISO/IEC Guide 98-3:2008 đã được chấp nhận thành TCVN 9595-3:2013

3.5

Thời gian trung bình lưu trong khu vực của không khí (zone mean age of air)

Thông số thông gió, mô tả quãng thời gian trung bình mà không khí trong một khu vực đã trải qua trong phạm vi một tòa nhà.

CHÚ THÍCH Trong trường hợp sự hòa trộn hoàn thành trong một khu vực, điều này tương đương với thời gian lưu tại chỗ của không khí ở bất kỳ điểm nào trong khu vực.

4 Nguyên lý của phép đo khí đánh dấu để xác định các điều kiện thông gió

4.1 Nguyên tắc chung

Kỹ thuật khí đánh dấu để đo thông gió dựa vào khả năng phân biệt giữa không khí đã có sẵn trong không gian quan tâm và không khí mới đi vào không gian đó. Điều này có nghĩa là sẽ có thể đánh dấu không khí đã có trong không gian và theo dõi không khí đã đánh dấu được thay thế như thế nào bởi không khí thông gió mới hoặc, cách khác, đánh dấu không khí mới đi vào và đo không khí được thông gió đã đánh dấu được phân phối thế nào xuyên qua không gian đó.

Quan sát cho thấy không khí chày vào một khu vực cụ thể từ các khu vực khác có nồng độ thấp hơn hoặc cao hơn của khí đánh dấu sẽ ảnh hưởng đến những kết quả của phép đo. Do đó, điều quan trọng là để giữ cho các điều kiện biên theo quy định là khác nhau cho phương pháp khí đánh dấu khác nhau.

Nếu điều kiện thông gió được xác định trong một khu vực, mà không có luồng không khí từ các bộ phận khác của tòa nhà (khu vực bị cô lập duy nhất), thì không cần thiết để bơm khí đánh dấu hoặc đánh dấu không khí trong các phần khác của tòa nhà để có được kết quả chính xác. Tuy nhiên, nếu khu vực có thể trao đổi không khí với các bộ phận khác của tòa nhà, trường hợp thường xảy ra, thì kỹ thuật đặc biệt cho phun khí đánh dấu trong những khu kết nối cần phải được thực hiện để tránh những kết quả không rõ ràng. Cũng cần lưu ý rằng việc đóng các cửa một căn phòng không nhất thiết dẫn đến không có luồng không khí từ các bộ phận khác của tòa nhà. Các phương tiện hạn chế luồng không khí bình thường xảy ra cũng sẽ thay đổi thông gió của một phòng.

4.2 Phương pháp khí đánh dấu được chọn

4.2.1 Yêu cầu chung

Tiêu chuẩn này mô tả các chiến lược để bơm khí đánh dấu và đo lường trong không gian mà không thể được coi là khu vực bị cô lập duy nhất. ISO 12569 đưa ra phương pháp pha loãng khí đánh dấu cho các không gian có thể được xác định đặc trưng như là một khu vực riêng lẻ. Nếu các điều kiện thông gió là không đổi theo thời gian đo, và không gian được quan tâm có thể được coi là một khu vực bị cô lập duy nhất, phương pháp trình bày trong tiêu chuẩn này và ISO 12569, trên lý thuyết, là giống hệt nhau. Dưới những điều kiện này, thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí sẽ giống như nghịch đảo của tốc độ thay đổi không khí được xác định bằng cách sử dụng ISO 12569.

4.2.2 Phương pháp phân rã

Nguyên tắc của phương pháp phân rã là dùng khí đánh dấu để đánh dấu không khí trong hệ thống thông gió và xác định tốc độ mà không khí được đánh dấu được thay thế bằng không khí không đánh dấu.

Khu vực được đo và tất cả các khu vực khác trong tòa nhà mà khu vực quan tâm có thể trao đổi không khí trực tiếp hoặc gián tiếp cần phải được đánh dấu với một nồng độ khí đánh dấu ban đầu thông thường. Chiến lược như vậy sẽ ngăn ngừa không khí đến từ các bộ phận khác của tòa nhà sau khi được coi là "không khí thông gió sạch" đến một mức độ lớn hơn công suất thông gió thực tế được phân bố của nó.

Lịch sử nồng độ được ghi nhận như là một hàm của thời gian. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí thu được từ thương số của tích phân nồng độ theo thời gian và nồng độ ban đầu.

Phương pháp phân rã nói chung có thể được sử dụng đến tốc độ thay đổi không khí $n = 10 \text{ h}^{-1}$ mà không vấn đề gì.

4.2.3 Phương pháp phát thải đồng nhất chủ động

Trong phương pháp phát thải đồng nhất chủ động, khí đánh dấu được cấp ở tốc độ không đổi vào các khu vực bằng một thiết bị phun dòng có thể điều chỉnh phù hợp. Tốc độ bơm cần phải tỷ lệ thuận với thể tích của khu vực. Nồng độ khí đánh dấu trạng thái ổn định của không khí trong phòng được đo bằng cách sử dụng các thiết bị phân tích khí thích hợp. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí thu được từ thương số của nồng độ trạng thái ổn định và tốc độ bơm trên mỗi đơn vị thể tích.

Khu vực được đo và tất cả các khu vực khác trong tòa nhà mà khu vực quan tâm có thể trao đổi không khí trực tiếp hoặc gián tiếp cần phải được lắp đặt với phát thải đồng nhất không đổi của khí đánh dấu.

4.2.4 Phương pháp phát thải đồng nhất thụ động

Trong phương pháp phát thải đồng nhất thụ động, khí đánh dấu được phát ra ở tốc độ không đổi đã biết vào các khu vực bằng sử dụng các nguồn khuếch tán. Tốc độ phát ra cần phải tỷ lệ thuận với thể tích của khu vực. Nồng độ khí đánh dấu ở trạng thái ổn định của không khí trong phòng được đo bằng cách thu thập một mẫu tích hợp trong một ống chất hấp thụ (chủ động sử dụng một máy bơm lấy mẫu không khí hoặc sử dụng cách lấy mẫu khuếch tán thụ động) và phân tích mẫu này sau đó trong một phòng thí nghiệm được trang bị đặc biệt. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí thu được từ thương số của nồng độ trạng thái ổn định và tốc độ phát thải trên đơn vị thể tích.

Các khu vực được đo và tất cả các khu vực khác trong tòa nhà mà khu vực quan tâm có thể trao đổi không khí trực tiếp hoặc gián tiếp thì cần phải được trang bị với phát thải đồng nhất không đổi của khí đánh dấu.

Việc sử dụng phương pháp này đòi hỏi một dịch vụ phân tích đặc biệt có khả năng phân tích các mẫu từ các ống hấp phụ để xác định lượng khí đánh dấu trong mẫu.

5 Lập kế hoạch đo

5.1 Yêu cầu chung

Trước khi đo thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong không gian một tòa nhà, mục đích của phép đo phải được xác định rõ ràng. Ngoài ra, kiến thức về loại tòa nhà và các đặc thù riêng của phần của tòa nhà được điều tra nghiên cứu là cần thiết để chọn kỹ thuật khi đánh dấu và lập kế hoạch chi tiết của phép thử.

Tốc độ thông gió và mô hình phân phối không khí trong tòa nhà cần phải được đo ở các điều kiện đại diện của nghiên cứu. Những điều kiện này không được bị phá vỡ bởi các phép đo, trừ phi đó là mục đích của thí nghiệm để kiểm tra tác động của các điều kiện khác nhau, ví dụ cửa ra vào mở, cửa sổ mở,...

Phương pháp phát thải đồng nhất sử dụng lấy mẫu trên ống hấp phụ đặc biệt thích hợp cho việc xác định các điều kiện thông gió trong bối cảnh nghiên cứu chất lượng không khí. Tùy theo yêu cầu, ngắn hạn (lấy mẫu bằng bơm của một vài lít không khí) hoặc đo dài hạn (lấy mẫu thụ động trong các ngày đến vài tuần) có thể được thực hiện. Trong điều tra về các vấn đề chất lượng không khí trong nhà (IAQ), các phép đo thông gió thường đi kèm với các phép đo thực tế của chất gây ô nhiễm. Một ưu điểm của phương pháp đo này là khả năng xác định đồng thời thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí và nồng độ chất ô nhiễm.

Trong phép xác định về "thay đổi không khí" ("Tốc độ dòng không khí" hoặc "tốc độ thay đổi không khí"), ví dụ bằng cách sử dụng phương pháp mô tả trong ISO 12569, chỉ có tổng tốc độ dòng khí vào hệ thống thông gió là được quan tâm. Do đó, phép đo như vậy bị hạn chế đối với các tòa nhà hoặc các khu vực bao quanh khác có thể được coi là một khu vực đơn lẻ. Trong các phương pháp đó, vì thế cần phải đảm bảo rằng có sự hòa trộn hoàn toàn của không khí giữa tất cả các không gian trong hệ thống được thông gió trong quá trình đo.

5.2 Nhận dạng các hệ thống được thông gió

Trong lập kế hoạch phép thử, "hệ thống được thông gió" mà không gian quan tâm thuộc hệ thống đó trước tiên phải được xác định ra, bởi vì tất cả các không gian trong hệ thống được thông gió cần phải được đánh dấu nhận biết với khí đánh dấu. Hệ thống được thông gió được xác định là không gian của tòa nhà, có thể trao đổi không khí trực tiếp hoặc gián tiếp với không gian quan tâm. Tại ranh giới của hệ thống được thông gió, sẽ không được có bất kỳ dòng chảy nào của không khí khác ngoài không khí ngoài trời. Như vậy, một phần của tòa nhà chỉ được coi là một hệ thống được thông gió nếu nó có dòng không đáng kể của không khí từ các bộ phận khác của tòa nhà (ví dụ qua ô cửa, rò rỉ khí hoặc hồi lưu từ ống dẫn khí). Các vị trí của các nguồn ô nhiễm cũng cần phải được tính đến để đảm bảo rằng không khí bị ô nhiễm là không được diễn giải sai như là không khí ngoài trời. Trong thực tế, điều này có nghĩa là, ví dụ

TCVN 10736-8:2016

- Đối với một ngôi nhà riêng, tất cả các phòng kể cả tầng hầm (trừ khi có một cánh cửa kín khí) cần được bao gồm trong hệ thống được thông gió, và
- Đối với một căn hộ trong một tòa nhà chung cư, tất cả các phòng trong căn hộ nghiên cứu (và trong một số trường hợp cũng còn cả cầu thang) nên được bao gồm trong hệ thống được thông gió.

5.3 Sự nhận dạng của các khu vực

Một khu vực là một không gian bên trong hệ thống được thông gió, nơi nó có thể được giả định rằng sự hòa trộn không khí là đủ để đảm bảo một nồng độ đồng đều của khí đánh dấu. Bên trong hệ thống được thông gió, có thể có một số không gian có thể được coi như là khu vực. Tất cả các khu vực như thế phải được xác định và thể tích của chúng được đo. Thể tích khu vực cần thiết để tính toán lượng khí đánh dấu để bơm vào các khu vực khác nhau. Không gian nhỏ khép kín với chỉ có không khí hút (ví dụ phòng tắm), hoặc không có bất kỳ sự cung cấp không khí ngoài trời (ví dụ phòng toilet) thì không cần bất kỳ sự phun khí đánh dấu nào. Thể tích của không gian khép kín nhỏ, mà có thể nhận được một số cung cấp của không khí bên ngoài nên được cộng vào thể tích của bất kỳ khu vực nào được kết nối. Các phòng rộng và hành lang dài có thể được chia thành hai hoặc nhiều khu vực.

5.4 Lựa chọn phương pháp đo

5.4.1 Yêu cầu chung

Việc lựa chọn phương pháp đo phụ thuộc vào loại và kích thước của tòa nhà, thời gian đo dự định, mục đích của phép đo, và sự sẵn có của các thiết bị và dịch vụ phân tích.

5.4.2 Loại hình tòa nhà

5.4.2.1 Tòa nhà đơn giản (ví dụ từ loại nhỏ đến ngôi nhà có kích thước vừa phải có thể được đặc trưng với một đến bốn khu vực)

Khi số lượng các khu vực ít, thì tương đối dễ dàng để đạt được một nồng độ khí đánh dấu đồng nhất ban đầu trong toàn bộ hệ thống được thông gió. Đối với các phép đo ngắn hạn, các phương pháp phân rã do đó là phù hợp nhất.

5.4.2.2 Tòa nhà phức hợp (ví dụ như các tòa nhà văn phòng và các cấu trúc khác trong đó hệ thống được thông gió bao gồm nhiều khu vực)

Trong trường hợp này, có thể rất khó khăn để đạt được các điều kiện cần thiết cho phương pháp phân rã của nồng độ khí đánh dấu ban đầu như nhau trong tất cả các khu vực. Do đó, trong trường hợp này, phương pháp phát thải đồng nhất có thể phù hợp hơn so với phương pháp phân rã.

5.4.3 Giai đoạn đo

5.4.3.1 Các điều kiện quan tâm ngắn hạn

Các phương pháp phân rã là phương pháp thực tế nhất để giám sát điều kiện thông gió ngắn hạn trong các tòa nhà đơn giản, trong khi phương pháp phát ra đồng nhất thụ động với lấy mẫu được bơm là phù hợp hơn cho các tòa nhà phức tạp.

5.4.3.2 Biến động theo thời gian dài hạn của quan tâm

Sự lựa chọn thích hợp nhất để đo dài hạn trong tất cả các loại của các tòa nhà là phương pháp phát ra đồng nhất, mặc dù sử dụng lặp lại của phương pháp phân rã là khả thi trong các tòa nhà với số ít khu vực. Mục đích có thể để theo dõi sự thay đổi của điều kiện thông gió là hàm số theo thời gian, ví dụ để điều tra ảnh hưởng của điều kiện thời tiết hoặc để kiểm tra ảnh hưởng của các kỹ thuật thông gió khác nhau. Điều này đòi hỏi lấy mẫu không khí chủ động bằng cách sử dụng việc quan trắc liên tục nồng độ khí đánh dấu hoặc bơm lấy mẫu lặp đi lặp lại sử dụng các bơm tiêm, túi khí, ống khí choán chỗ hoặc ống thu gom được bơm. Các phương pháp phát ra đồng nhất chủ động phù hợp cho đo lường các điều kiện thay đổi theo thời gian trong các tòa nhà đơn giản, trong khi phương pháp phát ra đồng nhất thụ động với lấy mẫu chủ động là phù hợp hơn cho các tòa nhà phức tạp.

5.4.3.3 Điều kiện quan tâm trung bình dài hạn

Mục đích có thể là để điều tra chỉ là trung bình thời gian của thời gian lưu trung bình của không khí trong các phần khác nhau của một tòa nhà. Ưu điểm của phương pháp giám sát này là những biến đổi ngắn hạn trong thông gió được làm ổn định và kết quả được liên hệ trực tiếp với sự tiếp xúc trung bình các chất ô nhiễm (hoặc liều) được tạo ra trong nhà. Sự lựa chọn thích hợp nhất để theo dõi các điều kiện trung bình là phương pháp phát ra đồng nhất thụ động sử dụng lấy mẫu thụ động hoặc lấy mẫu tích hợp sử dụng máy bơm.

5.5 Xác định các điểm đo

Số lượng thích hợp và phân bố của các điểm đo được xác định từ mục đích của phép đo. Lấy mẫu không khí là cần thiết chỉ trong những khu vực nơi mà nó được quan tâm để xác định thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí. Nếu mục đích là để lập bản đồ mô hình phân bố của không khí thông gió trong phạm vi tòa nhà, các phép đo phải được thực hiện ở một số khu vực, trong khi lấy mẫu chỉ có một hoặc một vài khu vực là cần thiết để có được thông tin về điều kiện thông gió tại chỗ. Lấy mẫu được thực hiện tại những nơi được cho là đại diện của khu vực. Không nên cố lấy mẫu gần với nguồn khí đánh dấu (tối thiểu cách 1 m) hoặc gần với một thiết bị đầu cuối cung cấp không khí. Không phân biệt mục đích của phép đo, nên sử dụng tối thiểu ba điểm đo để có được thông tin về một loạt các thay đổi. Khi thực hiện lấy mẫu thủ công, mẫu có thể được thực hiện tại các vị trí khác nhau trong khu vực. Nếu mục đích là để có được thông tin về tổng tốc độ dòng thông gió hoặc hiệu suất trao đổi trong tòa nhà (xem E.2), cũng nên thực hiện lấy mẫu gần điểm xả khí có thể xác định được.

6 Các loại khí đánh dấu và thiết bị để xác định điều kiện thông gió

6.1 Lựa chọn khí đánh dấu

Ngoài việc có thể phân tích được ở nồng độ thấp với thiết bị đo có sẵn, khí đánh dấu phải không có hại đối với sức khỏe và phải đáp ứng đầy đủ các yêu cầu khác.

Phụ lục B (tham khảo) cung cấp thông tin về việc lựa chọn các khí đánh dấu dựa trên thực tế được chấp nhận.

6.2 Tiêu chuẩn nồng độ khí đánh dấu

Nồng độ khí đánh dấu cần phải được sử dụng trong giới hạn an toàn. Nếu nguồn là khí đánh dấu tinh khiết, thì tránh thể tích khí có thể tạo ra mối nguy hiểm vô ý. Một bình nén rất lớn khí tinh khiết, ví dụ, trong giấy lát có thể tạo ra nồng độ không an toàn trong một căn phòng nhỏ. Quan trọng là tránh các điều kiện, nơi mà số lượng khí đánh dấu có thể được hấp thụ trên bề mặt và vào các khu vực xung quanh.

Tránh việc sử dụng các khí đánh dấu phóng xạ.

Số lượng yêu cầu của khí đánh dấu phụ thuộc vào độ nhạy của phương pháp phát hiện, tốc độ thông gió và kích thước của các phòng.

6.3 Thiết bị dùng để cấp khí đánh dấu

6.3.1 Kỹ thuật phân rã

Mục đích của việc cấp khí đánh dấu cho kỹ thuật phân rã là để đạt được nồng độ đồng nhất của khí đánh dấu khắp toàn bộ hệ thống thông gió.

Chọn một trong các thiết bị sau đây để phun khí đánh dấu.

- Bơm tiêm có vạch mức hoặc bình chứa khác có dung tích đã biết với phương tiện để kiểm soát dung tích phun ra của nó.
- Bình nén cấp khí đánh dấu, với đồng hồ đo lưu lượng dòng và thiết bị kiểm soát.

Chọn một kỹ thuật để tạo ra nồng độ ban đầu đồng nhất trong hệ thống được thông gió từ một hoặc các kỹ thuật sau đây.

- a) Các quạt cho phép hòa trộn tốt trong và giữa các khu vực.
- b) Các đường bơm mà phân tán khí đánh dấu qua ống góp đục lỗ hoặc các bộ chuyển dòng. Tất cả các bộ phận của đường bơm phải được ghi nhãn rõ ràng "Chỉ có khí đánh dấu" và được lắp khóa cho các vị trí tiếp nhận khí đánh dấu.
- c) Các cửa quay. Sau khi phun khí đánh dấu ở tất cả các khu vực, các cánh cửa giữa các khu vực có thể được gấp lại để làm tăng hòa trộn liên khu vực.

Đường bơm cần phải được sục thông nhằm đảm bảo phân phối lượng khí đánh dấu được biết đến một khu vực đã định.

Tất cả phối trộn nhân tạo cần phải được ngừng lại và cửa ra vào được thiết lập lại trạng thái cần mong muốn của chúng (mở hoặc đóng) tại thời điểm bắt đầu của phép đo sự phân rã.

CHÚ THÍCH: Rò rỉ trong đường bơm có thể làm thoát ra khí đánh dấu tại các vị trí không mong muốn và không kiểm soát được nồng độ không mong muốn.

6.3.2 Kỹ thuật phát thải đồng nhất chủ động

Mục đích của việc cấp khí đánh dấu là để đạt được một tốc độ phát thải đồng nhất của khí đánh dấu trong hệ thống thông gió. Điều này có nghĩa rằng tốc độ phun khí đánh dấu không đổi trong từng khu vực của hệ thống được thông gió phải là tỷ lệ thuận với thể tích của khu vực. Các bước sau đây là cần thiết cho việc này:

- a) Đo tốc độ phát thải khí đánh dấu trong từng khu (Điều này có thể được thực hiện trực tiếp bằng sử dụng một bình nén được đưa vào khu vực và kiểm soát tốc độ phát thải khí thông qua van điều áp và đồng hồ đo dòng, hoặc bằng cách sử dụng các đường bơm kết nối với một nguồn khí đánh dấu được đặt từ xa để bơm cho khu vực).
- b) Đảm bảo hòa trộn hoàn toàn trong các khu có thể là cần thiết trong các khu vực rộng lớn. (Điều này có thể đạt được bằng cách vận hành một hoặc vài quạt gió hoặc bằng cách phân bố việc bơm vào một số điểm khắp toàn khu vực.)

6.3.3 Kỹ thuật phát thải đồng nhất thụ động

Mục đích của việc cấp khí đánh dấu là để đạt được một tốc độ phát thải đồng nhất của khí đánh dấu trong hệ thống được thông gió. Điều này có nghĩa rằng tốc độ phun khí đánh dấu không đổi trong từng khu vực của hệ thống được thông gió là tỷ lệ thuận với dung tích của khu vực đó. Các bước sau đây là cần thiết cho việc này:

- a) Phát thải ra khí đánh dấu trong từng khu vực sử dụng các nguồn phân tán với tốc độ phát thải đã biết;
- b) Đảm bảo hòa trộn hoàn toàn trong các khu có thể là cần thiết trong các khu vực rộng lớn. (Điều này có thể đạt được bằng cách vận hành một hoặc vài quạt gió hoặc bằng cách phân bố bơm vào một số điểm khắp toàn khu vực.)

Thực tế rằng tốc độ phát thải khí đánh dấu từ các nguồn khuếch tán là phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ, cần phải được đưa vào xem xét khi phân bố các nguồn khí đánh dấu thụ động. Nhiệt độ cũng cần được ghi lại ở các địa điểm đại diện trong suốt thời gian đo.

6.4 Lấy mẫu khí đánh dấu

6.4.1 Phương pháp lấy mẫu

Các phương pháp lấy mẫu được mô tả dưới đây là phù hợp cho cả phương pháp phân rã và phương pháp phát xạ đồng nhất, tùy thuộc vào phương pháp phân tích sử dụng cho khí đánh dấu.

Lấy mẫu phải được thực hiện tại các điểm đại diện, và không bao giờ được lấy mẫu gần nguồn cung cấp không khí và cửa sổ.

6.4.2 Lấy mẫu tự động liên tục

Máy phân tích khí thường được kết nối với các điểm đo bằng một hoặc nhiều ống mẫu khí trở qua đó không khí được rút ra với một máy bơm để phân tích khí. Khi lấy mẫu từ một số địa điểm, địa điểm lấy mẫu có thể được lựa chọn thông qua van nhiều cổng được điều khiển tự động hoặc thủ công bằng tay. Điều quan trọng là ống lấy mẫu được sạch rửa với mẫu mới ngay trước khi đưa vào dụng cụ phân tích.

6.4.3 Lấy mẫu thủ công

Với các phương pháp thu thập mẫu thủ công, đầu tiên mẫu được thu thập bằng cách sử dụng một bình chứa phù hợp (bơm tiêm, túi hoặc thùng chứa khí được choán chỗ). Sau đó các mẫu được phân tích trong phòng thí nghiệm.

Vật liệu được sử dụng trong thu thập mẫu bằng thủ công phải không hấp thụ, không phản ứng và không thẩm thấu đối với khí đánh dấu được sử dụng. Tùy thuộc vào khí đánh dấu, danh mục các vật liệu phù hợp có thể bao gồm, ví dụ thủy tinh, đồng, thép không gỉ, polypropylen, polyethylen và polyamid.

Nên cẩn thận khi thu thập mẫu bằng thủ công trong phòng với một cánh cửa thường được đóng lại. Mở cửa và bước vào căn phòng có thể đưa vào một lượng lớn không mong muốn không khí trao đổi giữa hai khu vực kết nối. Một thực hành dễ dàng và thường được sử dụng là lắp đặt một ống từ phòng này sang phòng bên cạnh qua ổ khóa, hút một hoặc hai mẫu ống bơm tiêm để sạch tẩy ống và lấy mẫu tiếp theo cho phân tích.

6.4.4 Ống lấy mẫu bằng chất hấp thụ rắn

Trong phương pháp lấy mẫu chủ động bằng chất hấp thụ rắn, không khí phòng được rút ra (liên tục hoặc không liên tục) thông qua một chất hấp thụ rắn phù hợp với khí đánh dấu sử dụng cho khoảng thời gian lấy mẫu. Sau khi lấy mẫu, nó phải được thực hiện bằng cách sử dụng một máy bơm lấy mẫu được kiểm định, thì ống lấy mẫu đã hấp thụ (đã nạp mẫu) được giải hấp phụ (bằng sử dụng giải hấp nhiệt hoặc dung môi chiết) để xác định lượng khí đánh dấu được hấp thụ và từ đó là nồng độ khí đánh dấu trong mẫu không khí được lấy mẫu. Lấy mẫu bằng bơm sử dụng bộ chất hấp thụ rắn thích hợp trong thời gian lấy mẫu liên tục lên đến một vài giờ và để lấy mẫu liên tục trong vài ngày. Khi sử

dụng lấy mẫu được bơm liên tục, cần có biện pháp để giảm thiểu sự khuếch tán của không khí vào chất hấp thụ ở giữa các chu kỳ bơm, ví dụ sử dụng một bộ hạn chế mao quản.

Để lấy mẫu dài hạn, mà có thể kéo dài hơn một vài tuần, lấy mẫu thụ động dùng bộ lấy mẫu hấp phụ rắn khuếch tán có thể được sử dụng. Tốc độ lấy mẫu của bộ lấy mẫu thụ động cần phải được hiệu chuẩn cẩn thận cho các loại khí đánh dấu sử dụng.

Khi sử dụng các kỹ thuật phát thải đồng nhất, các điểm thu mẫu cần phải luôn luôn cách ít nhất 1 m từ điểm phun khí đánh dấu gần nhất.

6.5 Xác định nồng độ khí đánh dấu

Từ hệ thống thu thập mẫu liên tục, hỗn hợp khí đánh dấu/không khí thử được truyền trực tiếp, hoặc thông qua các ống mẫu, vào một máy phân tích khí để xác định hàm lượng khí đánh dấu của nó. Các mẫu không khí lấy bằng thủ công và ống chất hấp thụ rắn thường được phân tích sau đó trong phòng thí nghiệm. Nếu các bộ thu mẫu bằng chất hấp thụ rắn được sử dụng, giải hấp nhiệt hoặc dung môi chiết xuất là cần thiết để đưa các mẫu khí đánh dấu vào máy phân tích khí.

Máy phân tích khí phải phù hợp với nhiệm vụ đo (lượng khí mẫu, thời gian phân tích, độ nhạy chéo), khí đánh dấu được sử dụng và nồng độ khí đánh dấu. Độ chính xác của máy phân tích khí cần phải được biết đến.

Đối với các loại khí đánh dấu được liệt kê trong Bảng B.1, Các máy phân tích khí hồng ngoại (IR) hoặc sắc ký khí (GC) rất thích hợp để xác định nồng độ. GC với một đầu dò thích hợp, ví dụ EGD (detector bắt điện tử) hoặc MS (khối phổ), có thể phân tích khí đánh dấu đặc biệt nhạy.

7 Các phương pháp đo

7.1 Phương pháp phân rã

7.1.1 Nguyên tắc của kỹ thuật đo

Trong phương pháp phân rã, khí đánh dấu được phun vào các khu vực và phân bố đều khắp toàn bộ hệ thống được thông gió. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, $\bar{\tau}$, được tính từ sự phân rã của nồng độ khí đánh dấu.

$$\bar{\tau} = \frac{\int_{t_0}^{\infty} \varphi dt}{\varphi_{t=t_0}} \quad (1)$$

Trong đó

t là thời gian, tính bằng giờ (h);

$\varphi_{t=t_0}$ là nồng độ khí đánh dấu ban đầu (ví dụ theo cm^3/m^3) tại thời điểm $t = t_0$ (bắt đầu phân rã). Điều này cần phải bằng nhau trong tất cả các khu vực.

TCVN 10736-8:2016

Nồng độ khí đánh dấu ban đầu $\varphi_{i=0}$ cần được lựa chọn để có ít nhất 100 lần so với giới hạn phát hiện của hệ thống phân tích.

Thể tích v_p của khí đánh dấu tinh khiết được phun vào một khu vực (thể tích khu vực V_p) được tính bằng Công thức (2):

$$v_p = \varphi_{i=0} \cdot V_p \quad (2)$$

7.1.2 Chuẩn bị và lập kế hoạch cho phép thử

Các bước lập kế hoạch được thảo luận tại Điều 5 được thực hiện thuận lợi trước bằng cách sử dụng một sơ đồ hoặc phác họa của không gian tòa nhà được điều tra.

7.1.3 Quy trình đo

Sau khi khí đánh dấu được phun ra ở tất cả các khu vực và hòa trộn để đảm bảo nồng độ khí đánh dấu đồng nhất trong hệ thống được thông gió, thu thập mẫu được bắt đầu bằng cách sử dụng một trong các phương pháp đã nêu trong 6.4. Việc thu thập mẫu được thực hiện tại các khoảng thời gian bằng nhau ở từng khu vực quan tâm. Thu thập mẫu cần tiến hành ít nhất cho hai lần thời gian lưu được giả định của không khí, (ví dụ trong quãng thời gian 4 h cho ngôi nhà được thông gió bình thường). Để có được dữ liệu thỏa đáng cho việc phân tích các quá trình phân rã, ít nhất là bảy mẫu phải được thu thập trong từng khu vực quan tâm trong thời gian đó. Khi thực hiện thu thập mẫu, cần phải lưu ý để giảm thiểu xáo trộn không cần thiết của sự phân bố không khí khi đi vào các phòng qua cửa thường được đóng.

Mục đích của việc phun khí đánh dấu là để đạt được một nồng độ đồng nhất ban đầu của khí đánh dấu trong hệ thống được thông gió. Trong một tòa nhà với nhiều khu vực, điều này đạt được tốt nhất nếu lượng được phun là tỷ lệ thuận với thể tích của khu vực và được phân phối đều vào thể tích khu vực bằng một số thiết bị pha trộn. Tham khảo về các thiết bị phân phối khí đánh dấu và trộn được mô tả trong 6.3.1.

Tất cả pha trộn nhân tạo cần phải được ngừng lại và cửa ra vào được thiết lập lại trạng thái mong muốn của nó (mở hoặc đóng) tại thời điểm bắt đầu của phép đo phân rã.

Trước khi bắt đầu đo sự phân rã, cán bộ thực địa, nếu có thể, cần kiểm tra nồng độ khí đánh dấu là bằng nhau trong tất cả các khu vực của hệ thống được thông gió. Trong trường hợp của một khu vực rộng lớn (ví dụ như thể tích của phòng lớn hơn 500 m³ hoặc trần nhà cao lớn hơn 4 m), hoặc nếu có nghi ngờ rằng có thể các đường khí trong phòng đó, thì nồng độ ban đầu đồng nhất cần được xác nhận bằng cách xác định nồng độ tại các điểm khác nhau trong căn phòng đó. Trong những căn phòng như vậy, khi sự hòa trộn hoàn toàn có thể bị nghi ngờ, phép đo sự phân rã tại các vị trí khác nhau cũng có thể thích hợp.

7.1.4 Đánh giá và tính toán các kết quả

Tích phân trong Công thức (1) thường được đánh giá bằng số từ nồng độ khí đánh dấu được đo trước đây bằng kỹ thuật tích hợp số phù hợp (ví dụ như các phương pháp hình thang). Khi một khu vực trao đổi không khí với một khu vực được kết nối khác, phần đầu tiên của sự phân rã nồng độ thường là không hoàn toàn theo cấp số nhân. Tuy nhiên, sau một thời gian sự phân rã sẽ luôn luôn tiệm cận một sự phân rã theo hàm mũ. Do đó, đủ để thực hiện tích hợp số đến thời điểm t_e khi một sự phân rã theo hàm mũ đã được xác định chắc chắn (đồ thị logarit tuyến tính) và thêm vào diện tích thuộc "đuôi" của sự phân rã giả định là theo hàm số mũ.

$$\int_0^{\infty} \varphi_t dt = \int_0^{t_e} \varphi_t dt + \int_{t_e}^{\infty} \varphi_{t=t_e} e^{-\lambda_{tail}(t-t_e)} dt = \Delta t \left(\frac{\varphi_{t_0}}{2} + \varphi_{t_0+\Delta t} + \dots + \varphi_{t_0+(n-1)\Delta t} + \frac{\varphi_{t_e}}{2} \right) + \frac{\varphi_{t_e}}{\lambda_{tail}} \quad (3)$$

Trong đó λ_{tail} là giá trị tuyệt đối của độ dốc từ một đồ thị logarit của nồng độ như một hàm của thời gian ở phần số mũ cuối cùng của sự phân rã theo Công thức (4).

$$\ln \varphi_t = \ln \varphi_{t=t_e} - \lambda_{tail} (t - t_e) \quad (4)$$

Đầu tiên, logarit của nồng độ khí đánh dấu theo thời gian cần được vẽ đồ thị và kiểm tra. Nếu đồ thị là tuyến tính từ $t = t_0$, thì thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí có thể được đánh giá trực tiếp từ nghịch đảo của giá trị tuyệt đối của độ dốc:

$$\bar{\tau} = \frac{1}{\lambda_{linear}} \quad (5)$$

Nếu đồ thị logarit cho thấy độ cong, đồ thị cần phải được kiểm tra phần bắt đầu của đoạn tuyến tính của đồ thị. Độ dốc của đoạn tuyến tính được đánh giá và λ_{tail} được thiết lập bằng với giá trị tuyệt đối của độ dốc.

Tiếp theo, chọn một trong các phép đo trong phần tuyến tính của đồ thị như là điểm cuối cho việc tích hợp số (nồng độ = φ_e lúc thời điểm t_e). Thực hiện tích hợp số từ $t = t_0$ đến $t = t_e$ và thêm $\varphi_e / \lambda_{tail}$ theo Công thức (3) để có được một xấp xỉ của tích phân nồng độ từ $t = t_0$ đến $t = t_e$.

Cuối cùng, thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí được tính từ tích phân thông qua phép chia nồng độ tại lúc bắt đầu của sự phân rã ($\varphi_{t=t_0}$) theo Công thức (1).

7.1.5 Độ không đảm bảo

Mọi giá trị được tính toán của thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí được xác định bằng cách sử dụng kỹ thuật phân rã phải kèm theo ước tính của độ không đảm bảo của nó. Độ không đảm bảo được ước tính và thể hiện phù hợp với TCVN 9595-3 (GUM: 1995).

Thông tin về làm thế nào để ước tính độ không đảm bảo thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí theo tiêu chuẩn này có thể được tìm thấy trong các Phụ lục C và Phụ lục D.

7.2 Phương pháp phát thải đồng nhất chủ động

7.2.1 Nguyên tắc của kỹ thuật đo

Trong phương pháp phát thải đồng nhất, một dòng khí đánh dấu liên tục được phun vào các khu vực trong hệ thống được thông gió với tốc độ không đổi và tỉ lệ thuận với thể tích của từng khu vực. Điều này thiết lập một nồng độ khí đánh dấu trong từng khu vực mà phụ thuộc vào thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí từng khu vực.

Cũng giống như các kỹ thuật phân rã khí đánh dấu, kỹ thuật phát thải đồng nhất mang lại thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí $\bar{\tau}$ trong một khu vực như

$$\bar{\tau} = \frac{\varphi}{(q_v / V)} \quad (6)$$

Trong đó

φ là nồng độ khí đánh dấu đo được (cm^3/m^3) trong một khu vực ở trạng thái ổn định, tính theo cm^3/m^3 ;

q_v / V là tốc độ phun không đổi (cm^3/h) của khí đánh dấu tính khiết trên mét khối (m^3) không gian – bằng nhau trong tất cả các khu vực của hệ thống được thông gió (trong ví dụ, $\text{cm}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^3$).

Hằng số tỉ lệ mong muốn giữa tốc độ phun khí đánh dấu tính khiết q_v ($\text{cm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) trong một khu vực có thể tích V được xác định bằng Công thức (7).

$$q_v = k_v \cdot V \quad (7)$$

trong đó, k_v là một hằng số ($\text{cm}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$) có thể được ước tính bằng tích số của tốc độ thay đổi không khí dự đoán (ACH/h) và nồng độ mong muốn của khí đánh dấu ($\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) ở trạng thái ổn định thích hợp cho phân tích.

7.2.2 Chuẩn bị và lập kế hoạch của phép thử

Các bước lập kế hoạch mô tả tại mục 5 được thực hiện thuận lợi trước bằng một kế hoạch hay phác họa về không gian tòa nhà được điều tra. Thể tích khu vực cần được xác định và tốc độ phát thải khí đánh dấu cho từng khu vực cần được tính. Khí đánh dấu cần phải được phun đều vào trong các khu vực với tốc độ dòng không đổi để sự hòa trộn tốt của khí đánh dấu được thiết lập (xem 6.3.2). Vị trí của các điểm phun cần phải được quy hoạch và thiết bị cần thiết (ví dụ đường phun và đường mẫu) phải được chuẩn bị.

7.2.3 Quy trình đo

Thu thập mẫu bằng cách sử dụng một trong những phương pháp đã mô tả trong 6.4 được bắt đầu khi nồng độ khí đánh dấu đạt đến cân bằng (hoặc trạng thái ổn định), đòi hỏi khoảng 3 lần đến 4 lần thời gian trung bình lưu của không khí.

7.2.4 Đánh giá và tính toán các kết quả

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, $\bar{\tau}$, trong một khu vực được xác định từ hàm lượng khí đánh dấu đo được ở trạng thái ổn định và tốc độ phát thải khí đánh dấu trên một đơn vị thể tích bằng sử dụng Công thức (6).

7.2.5 Độ không đảm bảo

Bất kỳ giá trị được tính toán của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được xác định bằng cách sử dụng kỹ thuật phát thải đồng nhất chủ động cần phải kèm theo một ước tính về độ không đảm bảo của nó. Độ không đảm bảo cần phải được ước tính và thể hiện phù hợp với TCVN 9595-3 (GUM:1995).

Thông tin về cách thức ước tính độ không đảm bảo của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí theo tiêu chuẩn này có thể được tìm thấy trong các Phụ lục C và Phụ lục D.

7.3 Phương pháp phát thải đồng nhất thụ động

7.3.1 Nguyên tắc của kỹ thuật đo

Nguyên lý của kỹ thuật phát thải đồng nhất thụ động là tương tự như của kỹ thuật phát thải đồng nhất chủ động (xem 7.2.1). Tuy nhiên, khí đánh dấu được phát ra từ các nguồn khí đánh dấu thụ động thu nhỏ, có thể dễ dàng phân phối trong hệ thống được thông gió để tạo ra một phát thải đồng nhất. Do nồng độ khí đánh dấu thấp, chất đánh dấu perfluorocarbon (PFT) được sử dụng; chúng có thể được phân tích với độ nhạy rất cao.

7.3.2 Quy trình đo

Các nguồn khuếch tán sử dụng khuếch tán mao quản hoặc các màng thấm để kiểm soát tốc độ phát thải của khí đánh dấu được phân phối trong hệ thống được thông gió theo cách thức mà tốc độ phát thải khí đánh dấu là tỷ lệ thuận với thể tích khu vực như được mô tả trong 6.3.3. Sau khi đạt được trạng thái cân bằng, mức nồng độ khối lượng của khí đánh dấu tại các vị trí đã lựa chọn được xác định bằng cách lấy mẫu khí bằng sử dụng bộ lấy mẫu chất hấp thụ rắn như được mô tả trong 6.4.4 và sau đó phân tích trong phòng thí nghiệm bằng phương pháp sắc ký khí.

Trong trường hợp các phép đo ngắn hạn, lấy mẫu được thực hiện bằng cách sử dụng máy bơm. Đối với các phép đo dài hạn, lấy mẫu khuếch tán là được sử dụng thuận lợi để thu được thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được tính trung bình cho suốt khoảng thời gian lấy mẫu.

7.3.3 Đánh giá và tính kết quả

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, $\bar{\tau}$, trong một khu vực được xác định từ nồng độ khí đánh dấu trung bình đo được (như được đánh giá từ các hàm lượng khí đánh dấu trong ống lấy mẫu) và tốc độ phát thải khí đánh dấu trên một đơn vị thể tích sử dụng Công thức (8).

$$\bar{\tau} = \frac{\rho_a}{(q_m / V)} \quad (8)$$

Trong đó

$\bar{\tau}$ là thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, tính theo giờ (h);

(q_m / V) là tốc độ phát thải không đổi của khí đánh dấu cho mỗi mét khối (m^3) không gian - bằng với hằng số k_m trong tất cả các khu vực của hệ thống được thông gió (ví dụ, $\mu g \cdot h^{-1} \cdot m^{-3}$); một giá trị thích hợp của k_m có thể được ước tính từ lượng khí đánh dấu được thu thập theo mong muốn.

ρ_a là trung bình theo thời gian của nồng độ khí đánh dấu trong không khí trong phòng, tính bằng microgram trên một mét khối ($\mu g / m^3$).

7.3.4 Độ không đảm bảo

Mọi giá trị được tính của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được xác định bằng cách sử dụng kỹ thuật phát thải đồng nhất thụ động phải kèm theo một ước tính của độ không đảm bảo của nó. Độ không đảm bảo được ước tính và được thể hiện phù hợp với TCVN 9595-3 (GUM: 1995).

Thông tin về cách thức ước tính độ không đảm bảo của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí theo tiêu chuẩn này có thể được tìm thấy trong các Phụ lục C và Phụ lục D.

8 Áp dụng kết quả

Các phương pháp được mô tả trong tiêu chuẩn này có thể được sử dụng cho các mục đích sau.

a) Kiểm tra xem các yêu cầu thông gió được đáp ứng hay không, cả trong các tòa nhà riêng biệt (vận hành thử) và trong các cuộc điều tra mở rộng

Ưu điểm của phương pháp này là chúng có thể được sử dụng trong khi tòa nhà được sử dụng bình thường. Các phương pháp phân rã là thích hợp cho các phép đo ngắn hạn của các tòa nhà riêng lẻ. Phương pháp phát thải đồng nhất thụ động với thiết bị hiện trường đơn giản của phương pháp là thích hợp cho các phép đo dài hạn trong các cuộc điều tra mở rộng với hàng trăm đối tượng đo. Phương pháp này cần phải tính đến, ví dụ, hành vi của người cư trú và những thay đổi trong điều kiện thời tiết. Phương pháp này cũng có thể được sử dụng trong việc đánh giá sự tương quan của thông gió với kết quả sức khỏe và sự thoải mái trong các nghiên cứu dịch tễ học.

Trong các quy định về xây dựng và các kế hoạch của các hệ thống thông gió, các điều kiện thông gió thường được thể hiện bằng tốc độ dòng thông gió hoặc tốc độ dòng thông gió cụ thể. Việc diễn giải thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí thành các thông số thông gió khác đòi hỏi phải thực hiện một số giả định. Điều này được thảo luận chi tiết trong Phụ lục E.

b) Ước tính mức đầy đủ của thông gió trong các tòa nhà có vấn đề IAQ

Sự thông gió kiểm soát độ ẩm và nồng độ các chất ô nhiễm khác và nó có thể có vai trò quan trọng trong vấn đề về IAQ (indoor air quality). Vai trò này cần được đánh giá trong vấn đề điều tra IAQ. Lấy mẫu và phân tích các chất gây ô nhiễm trong nhà cần phải được kèm theo đo thông gió, làm cho nó có thể xác định các hành động khắc phục hậu quả chính xác. Cả các phép đo ngắn hạn và phép đo dài hạn có thể được sử dụng ở đây, và tất cả các phương pháp trong tiêu chuẩn này là thích hợp cho việc này. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí là chỉ số tốt nhất của điều kiện thông gió trong trường hợp này.

c) Xác định đặc trưng cường độ và phân bố các nguồn phát thải trong nhà

Điều này cũng có thể cần thiết trong vấn đề điều tra IAQ. Bằng cách đo nồng độ chất gây ô nhiễm và thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí đồng thời, nó có thể xác định những khác biệt trong cường độ của nguồn giữa các khu. Một ví dụ về điều này được đưa ra trong Phụ lục E. Sự lựa chọn về phương pháp đo phụ thuộc vào khung thời gian của phép đo chất gây ô nhiễm.

9 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm ít nhất các thông tin sau:

- a) Tất cả các chi tiết cần thiết để xác định ra tòa nhà được thử nghiệm, và mô tả đầy đủ các hệ thống được thông gió, các bộ phận của khu vực và mô tả về các khu vực được thử nghiệm;
- b) Viện dẫn tiêu chuẩn này;
- c) Tóm tắt các kỹ thuật thử nghiệm, điều kiện thử nghiệm và thiết bị được sử dụng;
- d) Tóm tắt các dữ liệu thu thập được và kết quả bao gồm cả ước tính độ chính xác;
- e) Ngày tháng thử nghiệm.

Chi tiết cho từng hạng mục có thể được báo cáo có tính đến các thông tin trong Phụ lục A đến Phụ lục D.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Giải thích một số thuật ngữ và định nghĩa

LƯU Ý: Đối với thuật ngữ và định nghĩa, xem Điều 3.

A.1 Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí là một thông số thông gió, trong đó mô tả độ dài của thời gian không khí trong một không gian của tòa nhà cụ thể đã mất tính trung bình trong tòa nhà đó.

Khái niệm "Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí" (và nghịch đảo của nó "tốc độ thay đổi không khí cục bộ") được sử dụng để đánh giá điều kiện thông gió trong tòa nhà. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí cho biết thời gian trung bình không khí trong một không gian cụ thể đã mất trong tòa nhà đang tích lũy các chất ô nhiễm. Thời gian lưu này được liên hệ chặt chẽ với thời gian cần để trao đổi không khí trong không gian đó. Nồng độ của một chất gây ô nhiễm được thoát ra từ các nguồn trong nhà liên tục tăng lên với độ dài quãng thời gian mà không khí trải qua trong nhà. Thời gian lưu tại chỗ của không khí trong một không gian càng thấp thì nồng độ đó càng thấp. Thông thường, không khí thông gió được cung cấp tại các phần được chọn về phía tòa nhà, và sau đó tìm đường đi của mình để xâm nhập vào các không gian khác nhau của tòa nhà. Vì vậy, trước khi không khí thông gió đi tới một căn phòng cụ thể, một phần đáng kể trong không khí có thể đã mất thời gian trong phòng khác, tích lũy các chất ô nhiễm. Do đó, thời gian lưu tại chỗ của không khí, mà nó thể hiện độ dài của thời gian không khí trong một không gian cụ thể đã trải qua trong nhà cần phải được xem xét trong mối quan hệ với chất lượng không khí.

A.2 Tốc độ dòng khí sạch

Chất ô nhiễm (hoặc khí đánh dấu) được phun trong phạm vi một khu vực (và không có khu vực nào khác) sẽ đạt được một nồng độ trạng thái ổn định trong khu vực đó bằng thương số của tốc độ phun và tốc độ dòng khí sạch ra khỏi khu vực đó. Đối với các chất ô nhiễm được phát ra ở một số khu vực, hay ngoài trời, tốc độ dòng khí sạch không phải là một chỉ số tốt về chất lượng không khí. Tốc độ dòng khí sạch là thước đo bao nhiêu không khí bên ngoài được chuyển giao (trực tiếp hoặc gián tiếp) mỗi giờ đến khu vực đang quan tâm. Giá trị tối đa của nó là bằng tổng tốc độ luồng không khí, điều này xảy ra ví dụ như khi có sự hòa trộn hoàn toàn giữa các khu vực. Trong hầu hết các trường hợp, tuy nhiên, một số không khí cung cấp cho một tòa nhà bị hút đi trước khi nó có khả năng đi vào một khu vực nào đó, thực tế là làm giảm tốc độ dòng khí sạch trong khu vực đó có thể không còn là tối đa.

Phụ lục B

(Tham khảo)

Yêu cầu chung của các loại khí đánh dấu, nồng độ nền và phương pháp phát hiện của các khí quan trọng nhất

B.1 Yêu cầu chung

Ngoài việc có thể được phân tích ở nồng độ thấp với các thiết bị đo có sẵn, khí đánh dấu cần phải có các thuộc tính sau:

- Không độc hại và không nguy hại đến sức khỏe trong khoảng nồng độ sử dụng;
- Có tính trơ hoá, ổn định, không mùi và không vị;
- Càng ít càng tốt, không bị hấp phụ bởi các bức tường, đồ nội thất hoặc các bề mặt khác;
- Không cháy và không nổ;
- Bình thường không được có trong không khí trong nhà hoặc môi trường không khí ngoài trời;
- Nếu có trong không khí xung quanh, phải ở nồng độ là thấp hơn đáng kể so với những nồng độ được sử dụng cho phân tích khí đánh dấu;
- Được dễ dàng vận chuyển và xử lý;
- Được dễ dàng trộn lẫn với không khí;
- Không có tác dụng bất lợi về môi trường;
- Rẻ tiền và có bán sẵn từ các nguồn thương mại.

B.2 Hàm lượng nền và phương pháp phát hiện**Bảng B.1 – Hàm lượng nền và phương pháp phát hiện các khí đánh dấu quan trọng nhất**

Khí đánh dấu	Phần thể tích nền trong không khí	Phương pháp phát hiện	Phần thể tích phạm vi đo trong không khí
Lưu huỳnh hexafluorua, SF ₆	(0,85 đến 1,5)·10 ⁻¹²	Sắc ký khí với máy dò bắt điện tử hoặc sắc ký khí khối phổ với máy dò bắt điện tử hoặc quang phổ kế khối phổ. ^d	5·10 ⁻¹² đến 200·10 ⁻⁹
Perfluorocarbon. Ví dụ Hexafluorobenzen (C ₆ F ₆)	< 1·10 ⁻¹²	Sắc ký khí với máy dò bắt điện tử hoặc sắc ký khí khối phổ với máy dò bắt điện tử hoặc quang phổ kế khối phổ. ^d	50·10 ⁻¹² đến 10·10 ⁻⁹

Bảng B.1 – (kết thúc)

Khí đánh dấu	Phần thể tích nền trong không khí	Phương pháp phát hiện	Phần thể tích phạm vi đo trong không khí
Dinitơ oxit (khí gây cười), N ₂ O ^a	315·10 ⁻⁹	Máy phân tích hồng ngoại phân tích khí	1·10 ⁻⁶ đến 200·10 ⁻⁶
Carbon dioxit.CO ₂ ^b	360·10 ⁻⁶		1·10 ⁻⁶ đến 5·10 ⁻³
Lưu huỳnh hexafluorua, SF ₆	(0,85 đến 1,5)·10 ⁻¹²		1·10 ⁻⁷ đến 100·10 ⁻⁶
Dinitơ oxit (khí gây cười), N ₂ O ^a	315·10 ⁻⁹	Đầu dò quang âm	50·10 ^{-9c}
Carbon dioxit. CO ₂ ^b	360·10 ⁻⁶		3·10 ^{-6c}
Lưu huỳnh hexafluorua, SF ₆	(0,85 đến 1,5)·10 ⁻¹²		50·10 ^{-9c}

^a Sử dụng N₂O đòi hỏi phải tính đến độ tan trong nước và các hiệu ứng hấp phụ .

^b CO₂ phù hợp với CO₂ đã được công nhận. Các yếu tố sau đây cần được tính đến: hàm lượng thay đổi trong không khí cấp và không khí thải; và trong một số trường hợp, độ không đảm bảo của CO₂ thoát ra có liên quan đến con người và các nguồn nội bộ có thể khác. Nếu CO₂ được sử dụng như một loại khí đánh dấu, thì hàm lượng CO₂ của không khí xung quanh cần phải được trừ khỏi hàm lượng CO₂ đo được.

^c Dải đo trên là phụ thuộc vào hiệu chuẩn.

^d Các hướng dẫn của nhà sản xuất detector bắt điện tử được xem xét đối với phóng xạ.

Mặc dù khí trơ phóng xạ thỏa mãn được rất nhiều các đặc tính mong muốn của các chất khí đánh dấu, các khí đó được sử dụng trước đây làm các loại khí đánh dấu thì hiện nay không được khuyến nghị nữa vì lý do về bảo vệ bức xạ.

Khí đánh dấu thường xuyên nhất được sử dụng để xác định tốc độ thay đổi không khí là sunphua hexafluorua. Khi được sử dụng trong các tòa nhà, khí đánh dấu này đáp ứng tốt nhất các tính chất của một chất khí đánh dấu lý tưởng của các loại khí được liệt kê trong Bảng B.1. Tuy nhiên, để lấy mẫu lên chất hấp thụ rắn (ví dụ: các phương pháp khí đánh dấu thụ động), thì perfluorocarbon là phù hợp hơn.

B.3 Tiêu chí sức khỏe trong việc sử dụng khí đánh dấu

Việc sử dụng các khí đánh dấu có thể có ảnh hưởng xấu đến sức khỏe của những người cư ngụ trong phòng, tùy thuộc vào loại và nồng độ lựa chọn của khí đánh dấu. Giá trị hướng dẫn về sức khỏe cho nồng độ không khí trong nhà của khí đánh dấu hay dùng nhất, sulfua hexafluorua và nitơ oxit là chưa được thiết lập. Do đó, trong phạm vi phát hiện, nitơ oxit là gần với giá trị MAK (nồng độ tối đa cho phép tại nơi làm việc⁽²⁾; xem Bảng B.1 và B.2), khi tốc độ thay đổi không khí đã được xác định, tất cả những người không trực tiếp tham gia vào các phép đo phải rời khỏi phòng.

Các giá trị MAK dung nạp được tại nơi làm việc áp dụng cho các nhân viên thực hiện các phép đo. Đây là những giá trị được dự định áp dụng cho trung bình 8 h.

Bảng B.2 – Nồng độ cho phép của khí đánh dấu cho người thử nghiệm

Khí đánh dấu	Giá trị MAK, mg/m ³
CO ₂	9100
N ₂ O	180
SF ₆	6100

Phụ lục C

(Tham khảo)

Ước tính độ không đảm bảo của thời gian trung bình lưu lại tại chỗ đo được của không khí

C.1 Yêu cầu chung

C.1.1 Tiêu chuẩn

Các giá trị được xác định về thời gian lưu tại chỗ của không khí cần phải được nêu ra cùng với các ước tính độ không đảm bảo của chúng. Độ không đảm bảo trong một số đại lượng đo được tạo thành từ các khoản đóng góp từ những bất ổn định và các lỗi trong các yếu tố được sử dụng để đánh giá đại lượng đo đó. Như đã mô tả trong phụ lục này và trong TCVN 9595-3 (GUM: 1995), độ không đảm bảo trong các yếu tố góp phần có thể hoặc thu được từ phép đo (loại A) hoặc từ các nguồn khác hiện có (loại B). Trong Phụ lục D, được thể hiện độ không đảm bảo của phép xác định thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí có thể được đánh giá như thế nào cho một số ví dụ đã cho cụ thể.

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí không thể được đo trực tiếp. Việc xác định thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí dựa trên đánh dấu không khí với khí đánh dấu và đo tốc độ của không khí đã được đánh dấu bị thay thế bằng không khí không được đánh dấu.

Trong kỹ thuật phân rã, phần thể tích ($\varphi(t)/\varphi(0)$), không khí được đánh dấu ban đầu ($\varphi(0)$), mà còn lại sau khi thời gian khác nhau t , được đo. Nó có thể được chỉ ra trên lý thuyết rằng tích phân của phần này từ $t = 0$ đến $t = \infty$ cho ra được thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí.

Trong kỹ thuật phát thải đồng nhất, nồng độ khí đánh dấu được đo khi tốc độ loại bỏ của khí đánh dấu là bằng với tốc độ bơm. Nó có thể được thể hiện về mặt lý thuyết rằng nồng độ trạng thái ổn định này là tích số của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí và tốc độ phun khí đánh dấu trên một đơn vị thể tích, với điều kiện phát thải khí đánh dấu được đồng nhất phân phối khắp toàn không gian. Độ không đảm bảo của việc xác định thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí do đó là được gắn kết với độ không đảm bảo của nồng độ khí đánh dấu, độ không đảm bảo của việc tích phân và độ không đảm bảo của tốc độ phát thải khí đánh dấu và phân bố của khí.

Phụ lục này mô tả độ không đảm bảo của một phép đo có thể được ước tính từ các ước tính riêng lẻ của độ không đảm bảo trong những yếu tố góp phần khác nhau.

Những yếu tố góp phần vào độ không đảm bảo này có thể được chia thành hai nhóm: một nhóm với các đặc tính của thiết bị được sử dụng; và nhóm khác cụ thể theo tình hình phép đo và đánh giá của phép đo.

Ở đây được giả định rằng các đặc tính của thiết bị sử dụng được biết đầy đủ và được lập thành tài liệu để sử dụng trong các ứng dụng cụ thể.

C.1.2 Ví dụ về kiến thức cần thiết đối với tính năng thiết bị**C.1.2.1 Các thiết bị phân tích**

- a) Được hiệu chuẩn cho các nồng độ quan tâm.
- b) Độ lệch chuẩn của phân tích được phát hiện ra ở các nồng độ quan tâm.
- c) Độ ổn định dài hạn và ngắn hạn được lập thành tài liệu.

C.1.2.2 Thiết bị phun khí đánh dấu (chủ động)

- a) Các thiết bị đã được hiệu chuẩn có kiểm soát dòng (ví dụ rotamet, bộ kiểm soát lưu lượng, các lỗ tới hạn).
- b) Độ lệch chuẩn của điều chỉnh tốc độ dòng được lập thành tài liệu (bao gồm cả độ chính xác điều chỉnh áp suất).
- c) Độ ổn định dài hạn và ngắn hạn được lập thành tài liệu.

C.1.2.3 Các thiết bị lấy mẫu (thủ công)

- a) Tính trơn và độ kín ngắn hạn và dài hạn của ống xyranh lấy mẫu, bình chứa hoặc hộp đựng được lập thành tài liệu.
- b) Bơm lấy mẫu không khí cho các ống chất hấp thụ thể rắn đã được hiệu chuẩn.
- c) Độ lệch chuẩn của tốc độ lấy mẫu không khí (thể tích) được lập thành tài liệu.
- d) Khả năng hấp phụ, tốc độ dòng lấy mẫu phù hợp và thể tích hút qua được lập thành tài liệu.

C.1.2.4 Các thiết bị lấy mẫu (thụ động)

- a) Bộ lấy mẫu phân tán được hiệu chuẩn;
- b) Độ lệch chuẩn của tốc độ lấy mẫu không khí tương đương cho các bộ lấy mẫu phân tán;
- c) Tính năng của bộ lấy mẫu phân tán như một hàm của nồng độ và thời gian tiếp xúc được lập thành tài liệu;
- d) Hiệu suất giải hấp (chiết) của bộ lấy mẫu chất hấp thụ được lập thành tài liệu.

C.1.2.5 Thiết bị phun khí đánh dấu (thiết bị khuếch tán thụ động)

- a) Các nguồn khí đánh dấu được hiệu chuẩn
- b) Độ lệch chuẩn của các nguồn được lập thành tài liệu
- c) Sự phụ thuộc nhiệt độ của tốc độ phát thải được điều tra và được lập thành tài liệu trong phạm vi nhiệt độ được quan tâm
- d) Các biểu hiện dài hạn, ngắn hạn và chuyển tiếp của tốc độ phát thải được biết

C.1.3 Ví dụ về các yếu tố đặc trưng cụ thể cho trường hợp đo

Các yếu tố ảnh hưởng độ không đảm bảo đo cụ thể cho các trường hợp đo cần phải được đánh giá từ các tình huống trong quá trình đo và dữ liệu được ghi lại.

Các yếu tố như vậy, ví dụ,

- a) Không có khả năng để đạt được một nồng độ khí đánh dấu ban đầu đồng nhất trong tất cả các khu vực trước khi bắt đầu phân rã,
- b) Không có khả năng để ghi lại nồng độ ban đầu trong tất cả các khu vực,
- c) Sự biến đổi theo thời gian và không gian của nồng độ do hòa trộn kém trong phạm vi các khu vực, và
- d) Không có khả năng để đạt được một tốc độ phát thải đồng nhất trong tất cả các khu vực trong kỹ thuật phát thải đồng nhất.

C.2 Kỹ thuật phân rã

Độ không đảm bảo bình thường (tương đối) s của phép đo thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí bằng cách sử dụng kỹ thuật phân rã được tạo thành từ các đóng góp từ các độ lệch chuẩn (tương đối) của phép xác định khu vực được tích hợp và nồng độ ban đầu.

$$s^2 = s^2_{area} + s^2_{\varphi_0} \tag{C.1}$$

Trong đó

s^2_{area} là phương sai trong tính toán tích phân đúng từ $t = t_0$ đến $t = t_{\infty}$;

$s^2_{\varphi_0}$ là phương sai trong việc ước tính nồng độ ban đầu.

Độ không đảm bảo tương đối s_{area} của khu vực được tích hợp có thể được ước tính từ độ không đảm bảo tuyệt đối s_{Anum} và s_{Arest} thuộc phần tích hợp số và phần ngoại suy, tương ứng.

$$s_{area} = \frac{\sqrt{s^2_{Anum} + s^2_{Arest}}}{A_{num} + A_{rest}} \tag{C.2}$$

s_{φ} là độ không đảm bảo tương đối trong nồng độ ban đầu. Nó không chỉ phụ thuộc vào độ không đảm bảo phân tích, mà còn phụ thuộc vào các biến không gian có thể trong và giữa các khu vực do không có khả năng để đạt được một nồng độ ban đầu đồng nhất trong toàn bộ hệ thống được thông gió.

C.3 Kỹ thuật phát thải đồng nhất

Trong kỹ thuật phát thải đồng nhất, thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được tính từ nồng độ khí đánh dấu ở trạng thái ổn định chia cho tốc độ phát ra trên một đơn vị thể tích. Độ không đảm bảo tương đối tiêu chuẩn của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí do đó được tạo thành từ các

đóng góp từ những độ không đảm bảo trong phép đo nồng độ s_{meas} và độ không đảm bảo trong tốc độ phát thải trên thể tích s_{distr} .

$$s_r^2 = s_{meas}^2 + s_{distr}^2 \quad (C.3)$$

Trong ước tính của độ không đảm bảo nồng độ s_{meas} , cả các lỗi ngẫu nhiên của phân tích s_{anal} và cả độ không đảm bảo trong nồng độ của hỗn hợp hiệu chuẩn s_{cal} cần phải được tính đến.

$$s_{meas}^2 = s_{cal}^2 + s_{anal}^2 \quad (C.4)$$

s_{distr} có hai đóng góp chính mà phải được tính toán vào, độ không đảm bảo trong tốc độ bơm s_{inject} và độ không đảm bảo do không có khả năng được biết để đạt được một tốc độ phát thải đồng nhất đúng s_{inhom} .

$$s_{distr}^2 = s_{inject}^2 + s_{inhom}^2 \quad (C.5)$$

Các ví dụ được đưa ra trong Phụ lục D về của cách thức mà những đóng góp khác nhau có thể được ước tính cho các kỹ thuật đồng nhất chủ động và thụ động.

Phụ lục D

(Tham khảo)

Ví dụ về các quy trình đo, tính toán và ước tính độ không đảm bảo

D.1 Yêu cầu chung

Trong phụ lục này, ví dụ được nêu về quy trình đo, tính toán và ước tính độ không đảm bảo bằng việc sử dụng bốn kỹ thuật khác nhau được đề cập trong tiêu chuẩn này. Các dữ liệu đầu vào cho các ví dụ được lấy từ mô phỏng và các phép đo.

Các ví dụ được đưa ra cho các kỹ thuật sau đây:

- Kỹ thuật phân rã sử dụng phun khí đánh dấu, lấy mẫu tự động và phân tích;
- Kỹ thuật phân rã sử dụng phun khí đánh dấu và lấy mẫu bằng thủ công;
- Kỹ thuật phát thải đồng nhất sử dụng phun khí đánh dấu tự động và phân tích tự động;
- Kỹ thuật phát thải đồng nhất sử dụng phun và lấy mẫu thủ động.

Các giá trị được xác định về thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí cần phải được nêu cùng với các ước tính độ không đảm bảo của chúng. Độ không đảm bảo trong một đại lượng đã đo được tạo thành từ các đóng góp từ những độ không đảm bảo và các lỗi trong các yếu tố được sử dụng để đánh giá đại lượng đó. Như mô tả trong Phụ lục C và trong TCVN 9595-3 (GUM: 1995), độ không đảm bảo trong những yếu tố góp phần hoặc có thể thu được từ phép đo (loại A) hoặc từ các nguồn đang tồn tại khác (loại B). Các ví dụ chứng minh cách thức trong đó độ không đảm bảo của phép xác định thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí có thể được đánh giá.

Đầu tiên, cần lưu ý rằng các điều kiện thông gió trong một tòa nhà không phải là một vấn đề tĩnh. Mô hình thông gió và phân bố không khí thay đổi với áp lực gió, nhiệt độ bên ngoài, mở cửa sổ, mở cửa ra vào, phân bố nhiệt độ bên trong, hoạt động của con người, ..., tất cả trong số đó là những yếu tố thay đổi theo thời gian. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được xác định tại một khoảnh khắc có thể khác nếu được đo một lần thứ hai. Sự dao động như vậy không được đưa vào trong độ không đảm bảo được ước tính của phép đo. Ước tính độ không đảm bảo chỉ cho biết các giới hạn mà trong phạm vi đó là nó đáng tin cậy rằng các điều kiện thông gió thực sự đạt được tại thời điểm đo.

Để sử dụng một phép đo ngắn hạn cho mục đích dự báo, tất cả các yếu tố có thể ảnh hưởng đến tốc độ thông gió và phân bố không khí cần phải được biết ngay tức thời khi tiến hành phép đo. Ngoài ra, cần thiết có một mô hình, trong đó mô tả tốc độ thông gió và phân phối không khí bị ảnh hưởng như thế nào do những yếu tố này. Mô hình này vượt ngoài phạm vi của tiêu chuẩn này để thảo luận về các phép đo thông gió cho sử dụng đoán trước.

D.2 Kỹ thuật phân rã

D.2.1 Phun khí đánh dấu

D.2.1.1 Phun tự động

Đối với phun khí đánh dấu tự động, có sẵn trên thị trường thiết bị phân tích/phân chia liều lượng mà có thể được lập trình để phun khí đánh dấu theo một nồng độ phổ biến vào trong đến 12 khu vực. Để đạt được một phân bố đều trong tất cả các khu vực, các điểm phun cần phải ở đằng sau các quạt thổi hòa trộn.

D.2.1.2 Phun thủ công

Đối với phun thủ công, việc phun thường được thực hiện trong khi đi bộ từ khu vực này đến khu vực khác và phun khí đánh dấu từ một bình gas hoặc một ống bơm tiêm. Lượng khí được phun cần phải tỷ lệ thuận với thể tích khu vực và cũng được phân bố đều vào thể tích các khu vực bằng một số thiết bị hòa trộn. Sau khi bơm đúng vào tất cả các khu, cần phải đảm bảo một nồng độ chung ban đầu ở tất cả các khu vực, ưu tiên dùng quạt thổi để trộn không khí giữa các khu vực.

Cần lưu ý rằng có thể là khó khăn để đạt được nồng độ khí đánh dấu ban đầu cần thiết bằng nhau trong tất cả các khu vực, đặc biệt là khi số lượng các khu vực là nhiều hơn bốn đến năm. Phân phối khí đánh dấu nên được thực hiện một cách nhanh chóng, đủ để tránh phân rã do thông gió, mà có thể dẫn đến sai lệch đáng kể so với phân bố nồng độ bằng nhau.

D.2.2 Lấy mẫu và phân tích khí đánh dấu

D.2.2.1 Lấy mẫu tự động

Lấy mẫu tự động thường được thực hiện bằng cách sử dụng một mạng lưới các ống thông qua đó không khí được hút ra từ các điểm lấy mẫu khác nhau bằng cách sử dụng một máy bơm. Để có được thời gian chính xác của phân tích, điều quan trọng là sục xả các ống chứa mẫu ngay trước khi thực hiện các phân tích. Thiết bị lấy mẫu được bán sẵn, tự động thực hiện sục xả ống lấy mẫu tiếp theo, trong khi lấy mẫu từ một điểm kế tiếp.

Các mẫu đầu tiên cần được thực hiện tại thời $t = 0$, ngay sau khi các quạt trộn đã được tắt. Các mẫu tuần tự tiếp theo cần được thực hiện nhanh đúng như các thiết bị lấy mẫu và phân tích cho phép, tốt nhất là với các khoảng thời gian bằng nhau giữa các lần lấy mẫu tại cùng vị trí.

Với lấy mẫu tự động, phân tích khí đánh dấu thường được thực hiện trực tuyến với thời gian thực, nghĩa là với một công cụ phân tích kết nối với các thiết bị lấy mẫu. Các công cụ phổ biến nhất để phân tích trực tuyến dựa trên sự hấp thụ tia hồng ngoại (IR). Tuy nhiên, phương pháp sắc ký khí (GC) hoặc khối phổ (MS) để dùng tại hiện trường đo cũng có thể được sử dụng.

D.2.2.2 Lấy mẫu thủ công

Lấy mẫu bằng tay thường được thực hiện bằng cách sử dụng ống bơm tiêm, một túi hoặc các bình chứa khí choán chỗ.

Như một ví dụ điển hình, ống bơm tiêm y tế (ví dụ bơm tiêm bằng nhựa 50 ml) được sử dụng cho việc lấy mẫu, bởi vì chúng dễ dàng xử lý, kín chặt trong nhiều tháng, ít tốn kém và có thể được gửi đi phân tích. Do khối lượng mẫu tương đối thấp, lấy mẫu với một ống bơm tiêm đặc biệt thích hợp nếu khí SF₆ được sử dụng khi làm khí đánh dấu và phân tích được thực hiện bằng sắc ký khí (GC) với một máy dò bắt điện tử (ECD).

Để có thể đánh giá thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong các tòa nhà, khi không khí không được hòa trộn hoàn toàn, ít nhất là bảy mẫu phải được thực hiện lấy trong quá trình phân rã của từng khu vực. Mẫu/các mẫu đầu tiên cần phải được lấy tại thời điểm $t = 0$, chỉ sau khi các quạt trộn đã được tắt. Các mẫu tiếp theo cần được thực hiện tốt hơn với các khoảng thời gian bằng nhau trong một khoảng thời gian ít nhất là bằng với thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí dự kiến của không khí trong đối tượng nghiên cứu (2 h đến 3 h cho một nhà).

Sau khi lấy mẫu, các ống tiêm được đậy nắp và được gửi đến phòng thí nghiệm để phân tích bằng thiết bị GC/ECD. Tinh kín, tinh trơ và đặc tính không thấm thấu của bơm tiêm (xy ranh) lấy mẫu phải được chứng nhận trước khi sử dụng.

D.2.3 Ví dụ về kỹ thuật phân rã khí sử dụng lấy mẫu và phân tích trực tuyến (on-line)

D.2.3.1 Dữ liệu được mô phỏng

Khi thực hiện lấy mẫu tự động với phân tích trực tuyến (on-line), nồng độ khí đánh dấu là một hàm số của thời gian thường thu được ở dạng của một tệp dữ liệu. Một ví dụ được đưa ra dưới đây về cách để đánh giá một tập tin như vậy.

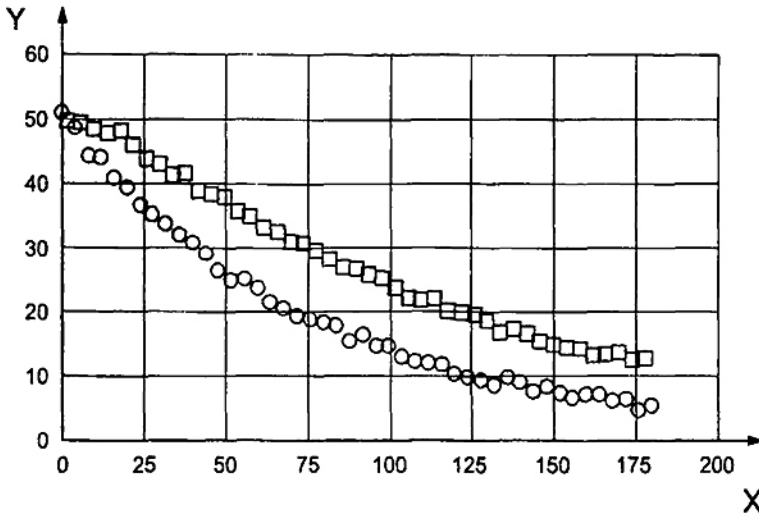
Trong ví dụ được mô phỏng dưới đây (xem Bảng D.1), các mẫu được lấy tự động và phân tích trong 3 h với các khoảng thời gian 2 min trong phòng ngủ và phòng bếp của một ngôi nhà. Việc lấy mẫu trong phòng ngủ bắt đầu tại thời điểm $t = 0$. Ngôi nhà ở đã được thông gió cơ học trong phòng tắm và phòng bếp, trong khi các đầu vào khí được đặt trong phòng khách và phòng ngủ. Cửa phòng ngủ được đóng lại vào lúc bắt đầu của sự phân rã.

Từ đồ thị logarit (xem Hình D.2), có thể thấy rằng các đường đồ thị cho phòng bếp là phi tuyến tính ở lúc bắt đầu và tiệm cận một xu hướng tuyến tính ở 100 min. Đối với phòng ngủ, đường đồ thị là tuyến tính từ lúc bắt đầu. Do đó, lấy mẫu có thể đã bị gián đoạn sau 100 min.

Bảng D.1 – Nồng độ khí đánh dấu đo được (cm^3m^{-3}) trong quá trình phân rã

Phòng ngủ			Phòng bếp		
Phút	cm^3m^{-3}	\ln^a	Phút	cm^3m^{-3}	\ln^a
0	50,9	3,93	2	49,5	3,90
4	48,5	3,88	6	49,4	3,90
8	44,2	3,79	10	48,4	3,88
12	43,9	3,78	14	47,5	3,86
16	40,7	3,71	18	47,9	3,87
20	39,3	3,67	22	45,9	3,83
24	36,5	3,60	26	43,6	3,78
28	35,2	3,56	30	43,0	3,76
32	33,7	3,52	34	41,3	3,72
36	32,0	3,47	38	41,5	3,72
40	30,8	3,43	42	38,9	3,66
44	29,0	3,37	46	38,4	3,65
48	26,3	3,27	50	37,7	3,63
52	24,9	3,22	54	35,7	3,57
56	25,1	3,22	58	35,0	3,55
60	23,7	3,16	62	33,2	3,50
64	21,4	3,06	66	32,5	3,48
68	20,4	3,02	70	30,9	3,43
72	19,2	2,95	74	30,6	3,42
76	18,8	2,94	78	29,4	3,38
80	18,4	2,91	82	28,1	3,34
84	17,7	2,88	86	26,9	3,29
88	15,4	2,74	90	26,5	3,28
92	16,3	2,79	94	25,6	3,24
96	14,7	2,69	98	25,2	3,23

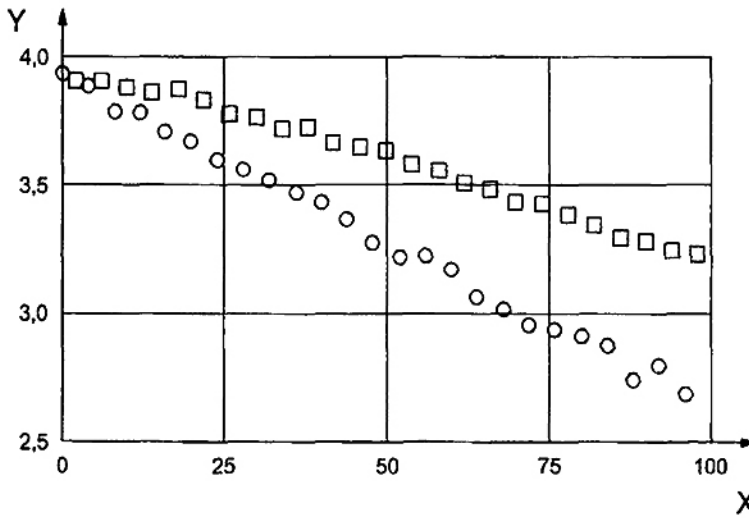
^a \ln biểu thị logarit tự nhiên.



CHÚ DẪN:

- X thời gian, tính bằng min. từ lúc bắt đầu phân rã
- Y N_2O , tính theo $cm^3.m^{-3}$
- phòng ngủ
- phòng bếp

Hình D.1 – Đồ thị về nồng độ của khí đánh dấu theo thời gian



CHÚ DẪN:

- X thời gian, tính bằng min. từ lúc bắt đầu phân rã
- Y $\ln(\varphi)$, tính theo $cm^3.m^{-3}$
- phòng ngủ
- phòng bếp

Hình D.2 – Đồ thị logarit của nồng độ theo thời gian

D.2.3.2 Các bước để tính thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí

Việc tính toán thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí bao gồm các bước sau đây.

- a) Lập đồ thị logarit tự nhiên (ln) của nồng độ khí đánh dấu là một hàm số của thời gian.

Nó là lợi thế nếu một đồ thị logarit có thể được thực hiện trong thời gian thực, vì lấy mẫu có thể bị gián đoạn khi một đồ thị tuyến tính được xác định chắc chắn ở tất cả các điểm lấy mẫu.

- b) Xác định điểm bắt đầu và kết thúc của phần tuyến tính trong đồ thị logarit.

Quan sát thấy nồng độ thấp sẽ cho thấy tán xạ lớn, do không đảm bảo đo và chuyển động không khí không ổn định. Không bao gồm các phạm vi của sự tán xạ quá mức.

Đôi khi, một đồ thị logarit là tuyến tính từ lúc bắt đầu phân rã. Điều này có nghĩa là sự phân rã hoàn toàn là theo cấp số nhân, như trong trường hợp hòa trộn hoàn toàn giữa các khu vực. Trong trường hợp này, không có sự tích hợp số là cần thiết. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí có thể được tính từ giá trị đảo ngược của giá trị tuyệt đối của độ dốc của đồ thị logarit.

- c) Tính độ dốc ($-\lambda$) của phần tuyến tính của đồ thị logarit.

Một chương trình tính toán bảng tính có thể thuận lợi được sử dụng để tính toán các phương trình của đường xu thế. Sử dụng giá trị tuyệt đối của hệ số tương quan để có được λ .

- d) Thực hiện một tích hợp số của nồng độ khí đánh dấu $\varphi(t)$ (ví dụ bằng cách sử dụng phương pháp hình thang) từ thời điểm $t = t_0$ đến thời điểm $t = t_e$ bên trong phạm vi phần tuyến tính của đồ thị logarit.

Thông thường, lấy mẫu tại các vị trí khác nhau không thể thực hiện được đồng thời. Do đó, chỉ có một vị trí có thể được phân tích ở $t = t_0$. Các mẫu từ các vị trí khác sau đó được phân tích với sự chậm trễ thời gian kế tiếp. Cần chú ý cẩn thận khi tính toán diện tích hình thang đầu tiên từ $t = t_0$ đến $t = t_{p1}$, trong đó t_{p1} là thời gian cho phép đo đầu tiên tại một vị trí p .

Thực hành tốt nhất là thêm một diện tích bằng với $(t_{p1} - t_0) \cdot [\varphi(t_{p1}) + \varphi(t_{p0})]/2$ vào tích phân được tính tại $t = t_0$.

Thời gian t_e có thể được tự do lựa chọn trong phần tuyến tính của sự phân rã logarit.

- e) Ước tính tổng số thời gian tích phân bằng cách thêm tích phân $\frac{\varphi_t = t_e}{\lambda_{\text{tải}}}$ được ngoại suy từ $t = t_e$ đến

vô cực vào tích phân được tính toán.

Giá trị $\varphi_{t=t_e}$ có thể được lấy khi nồng độ đo được tại $t = t_e$. Tuy nhiên, một thực hành tốt hơn là sử dụng phương trình đường xu hướng được tính toán cho phân rã logarit.

Giá trị kỳ vọng $\varphi_{t=t_e}$ thu được từ $\varphi_{t=t_e} = e^{\ln \varphi(t_e)}$ thu được từ công thức tương quan với $t = t_e$.

f) Cuối cùng, chia tổng tích phân được ước tính cho nồng độ khí đánh dấu ban đầu phổ biến chung $\varphi_{t=0}$ tại thời điểm $t = t_0$ để có được một ước tính của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí. Ở đây, điều rất quan trọng là có được nồng độ ban đầu chính xác. Thông thường, nồng độ đo được tại lúc bắt đầu của sự phân rã có thể được sử dụng.

D.2.3.3 Đánh giá thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong ví dụ được nêu

Dưới đây, các hành vi kết hợp với các bước a) đến f) trong D.2.3.2 được minh họa cho các ví dụ trong Bảng D.1.

a) Đồ thị của logarit tự nhiên (ln) của nồng độ khí đánh dấu là một hàm của thời gian được chỉ ra trong Hình D.2.

b) Sự khởi đầu của phần tuyến tính trong đồ thị phần logarit được xác định bằng cách kiểm tra là 40 min đối với phòng bếp. Đối với phòng ngủ, đường đồ thị là tuyến tính từ lúc bắt đầu. Sự kết thúc của khu vực tuyến tính được chọn là 100 min, trong đó phân tán xung quanh đường xu hướng là vẫn vừa phải.

c) Với sự giúp đỡ của một chương trình tính toán bằng tính, các hình vuông đường xu hướng ít nhất đối với phòng bếp là được tính như $\ln(\varphi) = -0,0083 t + 4,03$ (sử dụng dữ liệu giữa 42 min và 98 min) mà nó cho được $\lambda = 0,0083 \text{ min}^{-1}$ hoặc $0,498 \text{ h}^{-1}$. Đối với phòng ngủ, toàn bộ khoảng thời gian giữa 0 min và 96 min có thể được sử dụng, trong đó cho ra công thức tương quan, $\ln(\varphi) = -0,0129 t + 3,92$. Tham số λ cho phòng ngủ do đó là $0,0129 \text{ min}^{-1}$ ($0,774 \text{ h}^{-1}$).

d) Vì sự phân rã trong phòng ngủ là hàm mũ từ bắt đầu của sự phân rã, nên không cần đến một tích hợp số. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được lấy trực tiếp từ giá trị nghịch đảo của λ [Công thức (5)], nghĩa là $\bar{\tau} = 1/\lambda = 1/0,774 = 1,29 \text{ h}$.

Trong phòng bếp, một tích hợp số từ $t = 2 \text{ min}$ đến $t = 78 \text{ min}$ (tùy ý lựa chọn trong phần tuyến tính của sự phân rã) cho ra

$$A_{(2-78)} = 4 \left(\frac{\varphi_{t=2}}{2} + \sum_{t=6}^{t=74} \varphi(t) + \frac{\varphi_{t=78}}{2} \right) = 4(24,8 + 721,4 + 14,7) = 4 \times 760,8 = 3043 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$$

Bởi vì các phân tích đã không bắt đầu tại $t = 0$, các khu vực còn thiếu từ $t = 0$ đến $t = 2 \text{ min}$ cần phải được thêm vào.

$$A_{(0-2)} = 2 \left(\frac{\varphi_{t=0}}{2} + \frac{\varphi_{t=2}}{2} \right) = 2 \left(\frac{50,9}{2} + \frac{49,5}{2} \right) = 100 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$$

e) Như là đóng góp cuối cùng cho diện tích dưới đường đồ thị phân rã, khu vực ngoại suy từ $t = 78$ đến $t = \infty$ được tính toán,

$$A_{\text{rest}} = \frac{\varphi_{t=78}}{\lambda} = \frac{29,3}{0,0083} = 3531 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$$

Trong đó

$\varphi_{t=t_c} = e^{\ln\varphi(t_c)}$ và $\ln\varphi(t_c)$ thu được bằng cách chèn $t = 78$ min vào công thức tương quan [xem bước c)].

Diện tích tích phân tổng, $A_{tot} = A_{(0-2)} + A_{(2-78)} + A_{rest} = 6675 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$

f) Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong phòng bếp được tính từ tổng diện tích được tích hợp chia cho nồng độ ban đầu [Công thức (1)].

$$\bar{\tau} = \frac{A_{tot}}{\varphi_{t=t_0}} = \frac{6674}{50,9} = 131 \text{ min} = 2,19 \text{ h}$$

D.2.3.4 Ước tính độ không đảm bảo

D.2.3.4.1 Yêu cầu chung

Độ không đảm bảo của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí thu được bằng cách sử dụng kỹ thuật phân rã với lấy mẫu tự động bao gồm các đóng góp từ những độ không đảm bảo trong các yếu tố ảnh hưởng.

$$s^2 = s_{area}^2 + s_{\varphi_0}^2 \quad (D.1)$$

Trong đó

s_{area}^2 là phương sai (tương đối) trong tính toán tích phân đúng từ $t = t_0$ đến $t = t_w$;

$s_{\varphi_0}^2$ là phương sai (tương đối) trong ước tính nồng độ ban đầu.

Ở đây được giả thiết là dụng cụ phân tích cho ra một đáp ứng tuyến tính như là một hàm của nồng độ từ $\varphi = 0$ đến nồng độ cao nhất đo được. Do thực tế là tích phân được chia cho nồng độ đo được tại $t = t_0$, dụng cụ phân tích không cần phải được hiệu chuẩn một cách tuyệt đối.

D.2.3.4.2 Độ không đảm bảo của tích phân

Tích phân từ $t = t_0$ đến $t = t_w$ là xấp xỉ khoảng $(n - 1)/n$ lần tổng của n các phép đo nồng độ trong thời gian đó, nhân với khoảng thời gian giữa các phép đo, Δt . Độ không đảm bảo của phép đo có lẽ phụ thuộc ở một mức độ nhất định vào dải (phạm vi) nồng độ. Ở đây nếu được giả định là tất cả các phép đo có các độ không đảm bảo đo tuyệt đối bằng nhau, độ không đảm bảo đo tuyệt đối của tích hợp số sẽ bằng với độ không đảm bảo $\sqrt{n} s_{meas}$ trong tổng được ước tính, nhân với $\Delta t(n-1)/n$. Vì thế,

$$s_{A_{num}} = \sqrt{n} s_{meas} \cdot \Delta t(n-1)/n = s_{meas} \cdot \Delta t(n-1)/\sqrt{n} \quad (D.2)$$

Trong đó

$s_{A_{num}}$ là độ lệch chuẩn tuyệt đối của tích hợp số;

s_{meas} là độ lệch chuẩn tuyệt đối của một phép đo đơn;

n là số điểm được sử dụng trong tính toán.

Cần lưu ý rằng có sai số bổ sung liên quan khi sử dụng tích hợp hình thang. Do thực tế rằng đồ thị phân rã là lồi lên, tích phân số sẽ cho được ước lượng cao hơn của tích hợp đúng. Tùy thuộc vào mức độ phân rã giữa các phép đo, các ước lượng vượt quá cao có thể dao động từ không đáng kể đến vài chục phần trăm. Nếu một phân rã đáng kể đã xảy ra giữa các phép đo, một xấp xỉ tốt hơn của khu vực nằm giữa hai điểm đo liên tiếp là giả định một phân rã theo cấp số nhân giữa chúng và gần đúng khu vực giữa các điểm i và j theo Công thức (D.3) dưới đây thay vì sử dụng quy tắc hình thang:

$$A_{ij} = \Delta t_{ij} \frac{(\varphi_i - \varphi_j)}{\ln(\varphi_i) - \ln(\varphi_j)} \quad (D.3)$$

Độ không đảm bảo trong khu vực còn lại A_{rest} phụ thuộc vào độ chính xác của việc xác định φ_e và tham số phân rã số mũ λ . Giá trị λ tốt nhất được ước tính sử dụng tuyến tính bình phương tối thiểu phù hợp của $\ln(\varphi)$ như là hàm của thời gian. Độ lệch chuẩn tương đối s_λ của hệ số tương quan ($-\lambda$) và của ước tính s_{φ_e} có thể được tính bằng cách sử dụng chương trình bảng tính. Độ lệch tiêu chuẩn tuyệt đối của ước tính của A_{rest} có thể được viết

$$s_{rest} = A_{rest} \sqrt{s_\lambda^2 + s_{\varphi_e}^2} \quad (D.4)$$

Quan sát, rằng ước tính có độ lệch chuẩn nhỏ nhất của nó s_{φ_e} tại thời điểm tương ứng với trung bình của các giá trị thời gian được sử dụng trong các mối tương quan tuyến tính.

Cuối cùng, trong tính toán của độ không đảm bảo của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, phải xem xét đến độ không đảm bảo trong nồng độ ban đầu. Độ không đảm bảo này là không chỉ do độ không đảm bảo trong việc phân tích, mà còn do các biến động có thể có theo không gian của sự phân bố của khí đánh dấu vào lúc bắt đầu của sự phân rã. Độ không đảm bảo này phải được dựa trên một dự đoán được thông báo sử dụng thông tin dựa trên các bản ghi nồng độ. Việc bơm khí đánh dấu và trộn trước khi bắt đầu phân rã cần phải được thực hiện để sao cho các khác biệt nồng độ theo không gian không vượt quá 5 %.

D.2.3.4.3 Đánh giá độ không đảm bảo trong ví dụ đã cho

Độ không đảm bảo của khu vực được tính toán là

$$s_{A_{tot}} = \Delta t(n-1) / \sqrt{n} s_{meas} \quad (D.5)$$

Trong đó s_{meas} là độ không đảm bảo của đo nồng độ. Nó có thể thu được từ tính năng được biết của lấy mẫu và phân tích, hoặc được tính từ đo lặp đi lặp lại của cùng nồng độ khí đánh dấu. Trong ví dụ hiện tại, s_{meas} được ước tính là $1 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, Δt là bằng 4 min và số các phép đo $n = 20$. Do đó, $s_{A_{tot}}$ được ước tính khoảng $17 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$ hoặc 0,5 %, là hoàn toàn không đáng kể. Các đánh giá thấp do sử dụng phương pháp hình thang cũng có thể được cho để mang đến một sai số không đáng kể bằng so sánh đơn giản giữa hai phương pháp tính toán của các của khu vực. Độ không đảm bảo nhỏ trong khu vực được tính toán là do thực tế rằng các sai số triệt tiêu nhau khi tính toán tổng.

Độ không đảm bảo trong khu vực được nội suy, A_{rest} là

$$s_{rest} = \sqrt{s_{\lambda}^2 + s_{\varphi_e}^2} \quad (D.6)$$

Trong đó độ lệch chuẩn tương đối s_{λ} được tính là 2,2 % sử dụng kỹ thuật bình phương tối thiểu là trong khoảng từ 42 min đến 98 min. s_{φ_e} chỉ là 0,6 %. Do đó, s_{rest} là 2,3 % của A_{rest} hoặc $80 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$.

Độ không đảm bảo tương đối của diện tích dưới đường cong được tính như

$$s_{area} = \frac{\sqrt{s_{A_{num}}^2 + s_{A_{rest}}^2}}{A_{num} + A_{rest}} = \frac{\sqrt{17^2 + 80^2}}{6674} = 1,2\% \quad (D.7)$$

Thành phần nổi trội góp phần vào độ không đảm bảo trong xác định thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong trường hợp này có thể là độ không đảm bảo trong nồng độ ban đầu. Giả sử đó là 3 %, nó được tính toán theo Công thức D.8.

$$s_{total} = \sqrt{0,012^2 + 0,03^2} = 3,2\% \quad (D.8)$$

D.2.4 Ví dụ về kỹ thuật phân rã bằng cách sử dụng phun thủ công và lấy mẫu thủ công

D.2.4.1 Thực nghiệm

Trong ví dụ này, khí đánh dấu được phân phối đến các khu vực khác nhau của hệ thống được thông gió sử dụng một ống bơm tiêm chia độ nạp đầy với khí SF_6 (lưu huỳnh hexafluorua) hoặc SF_6 /hỗn hợp khí trơ. Trong mỗi khu vực, một phần của khí đánh dấu mà là tỷ lệ thuận với khối thể tích của khu vực được phun. Việc phun được thực hiện trong khi đi bộ quanh trong khu vực để phân phối khí đánh dấu đều. Để tránh nồng độ khí đánh dấu không đồng đều giữa các khu vực do phân rã trong quá trình phun, việc phun cần phải được thực hiện càng nhanh càng tốt.

Sau khi phun ở tất cả các khu vực, không khí được trộn trong phạm vi và giữa các khu vực như đã nêu trên để bảo đảm sự phân bố khí đánh dấu đồng nhất. Ngay lập tức sau khi hòa trộn, tất cả các cửa nội bộ được thiết lập theo các vị trí vốn có của chúng và mẫu đầu tiên được lấy, sử dụng một ống bơm tiêm nhựa 50 ml, tại một điểm đại diện, hoặc trong khi đi bộ vòng quanh giữa các khu vực. Sáu mẫu tiếp theo được lấy sau đó trong từng khu vực quan tâm, với khoảng thời gian bằng nhau sử dụng bơm tiêm 50 ml sạch và được ghi nhãn, được đậy nắp lại sau khi nạp mẫu. Khoảng thời gian lấy mẫu ưu tiên được xác định sao cho lấy mẫu được phân bố đều trong một khoảng thời gian là bằng thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được dự đoán, mà trong trường hợp hiện tại là 2 h.

Các ống bơm tiêm được đậy nắp và được chuyển đến một phòng thí nghiệm, trong đó có thể thực hiện phân tích bằng GC/ECD nồng độ của khí SF_6 trong các mẫu.

D.2.4.2 Dữ liệu được mô phỏng

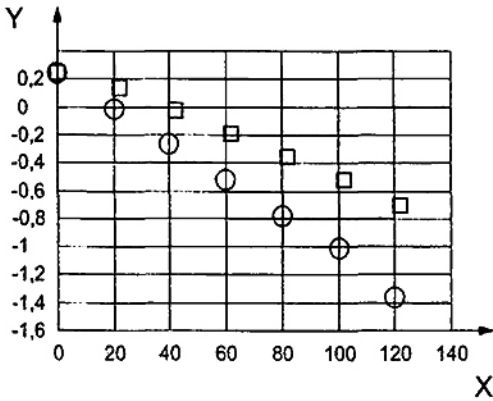
Kết quả trong thực nghiệm mô phỏng này được thể hiện trong Bảng D.2 cùng với tính toán diện tích như trong ví dụ của việc lấy mẫu tự động. Kết quả được vẽ đồ thị trong Hình D.3 và Hình D.4.

Bảng D.2 – Nồng độ của khí đánh dấu phân tích được trong các mẫu khí được lấy thủ công

Phòng ngủ						Phòng bếp					
Thời gian min	φ $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	$\ln(\varphi)$ $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	A_{trap} $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$	A_{exp} $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$	$A_{\text{trap}} - A_{\text{exp}}$ $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$	Thời gian min	φ $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	$\ln(\varphi)$ $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$	A_{trap} $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$	A_{exp} $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$	$A_{\text{trap}} - A_{\text{exp}}$ $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$
0	1,27	0,24				0	(1,27) ^a	(0,24)			
20	0,98	-0,02	22,6	22,4	0,6 %	22	1,15	0,14	26,6	26,6	0,1 %
40	0,77	-0,26	17,5	17,4	0,5 %	42	0,97	-0,03	21,2	21,1	0,2 %
60	0,59	-0,52	13,6	13,5	0,6 %	62	0,83	-0,19	18,0	18,0	0,2 %
80	0,46	-0,78	10,5	10,5	0,5 %	82	0,70	-0,35	15,3	15,3	0,2 %
100	0,36	-1,01	8,2	8,2	0,5 %	102	0,59	-0,52	13,0	12,9	0,2 %
120	0,25	-1,37	6,2	6,1	1,0 %	122	0,49	-0,71	10,9	10,8	0,3 %

CHÚ THÍCH: A_{trap} là khoảng diện tích được tính toán bằng sử dụng nội suy tuyến tính. A_{exp} là là khoảng diện tích được tính toán bằng sử dụng nội suy hàm mũ

^a trong ngoặc chỉ ra nồng độ ban đầu được giả định (mà cần phải như nhau trong tất cả các phòng)



CHÚ DẪN

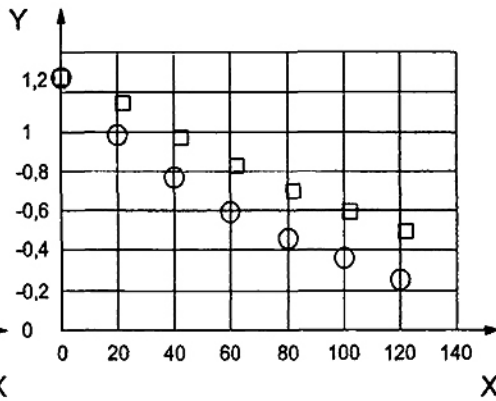
X thời gian, tính bằng min.

Y $\ln(\varphi)$, tính theo $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$

○ phòng ngủ

□ phòng bếp

Hình D.3 – Biểu đồ logarit trong quá trình phân rã



CHÚ DẪN

X thời gian, tính bằng min. từ lúc bắt đầu phân rã

Y φ , tính theo $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$

○ phòng ngủ

□ phòng bếp

Hình D.4 – Đồ thị tuyến tính trong quá trình phân rã

D.2.4.3 Tính thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí

Từ xem xét đồ thị logarit (Hình D.3), được quyết định sử dụng các mẫu được lấy giữa 40 min và 120 min như phạm vi của phân rã theo cấp số nhân cho nhà bếp. Đối với phòng ngủ, sự phân rã được giả định là số mũ từ lúc đầu.

Việc tính toán được thực hiện tương tự như một trong các ví dụ trước với lấy mẫu tự động.

- Đồ thị của logarit tự nhiên (\ln) của nồng độ khí đánh dấu là một hàm của thời gian được trình bày trong Hình D.3.
- Sự bắt đầu của phần tuyến tính trong đồ thị logarit được xác định bằng cách kiểm tra là 60 min đối với phòng bếp. Đối với phòng ngủ, đường đồ thị tuyến tính từ đầu. Sự kết thúc của khu vực tuyến tính được chọn theo 120 min.
- Với sự trợ giúp của một chương trình bảng tính, đường xu hướng các hình vuông cho phòng bếp được tính là $\ln(\varphi) = -0,0087 t + 0,35$ (sử dụng dữ liệu giữa 62 min và 122 min) trong đó cho $\lambda = 0,0087 \text{ min}^{-1}$ hoặc $0,52 \text{ h}^{-1}$. Đối với phòng ngủ, toàn bộ khoảng thời gian giữa 0 min và 120 min có thể được sử dụng, trong đó cho được công thức tương quan $\ln(\varphi) = -0,0131 t + 0,25$. Do đó tham số λ cho phòng ngủ là $0,013 \text{ min}^{-1}$ hoặc $0,79 \text{ h}^{-1}$.
- Vi phân rã trong phòng ngủ là hàm mũ từ lúc bắt đầu của phép đo, không cần có tích phân số. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được lấy trực tiếp từ giá trị nghịch đảo của λ , nghĩa là $\bar{\tau} = 1/\lambda = 1/0,79 = 1,27 \text{ h}$. Trong phòng bếp, một tích hợp số từ $t = 0 \text{ min}$ đến $t = 102 \text{ min}$ (tùy ý lựa chọn trong phần tuyến tính của sự phân rã) cho được $A_{(0-102)} = 26,6 + 21,2 + 18,0 + 15,3 + 13,0 = 94,1 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$.
- Như là đóng góp cuối cùng cho khu vực, khu vực được ngoại suy từ $t = 102$ đến $t = \infty$ được tính.

$$A_{rest} = \frac{\varphi_e}{\lambda} = \frac{0,58}{0,0087} = 67,2 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min} \quad (\text{D.9})$$

trong đó $\varphi_e = e^{\ln(\varphi_e)}$ và $\ln(\varphi_e)$ thu được bằng cách chèn $t = 102 \text{ min}$ vào trong các công thức tương quan [xem bước c)].

Tổng diện tích được tích phân $A_{tot} = A_{(0-102)} + A_{rest} = 161,3 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$.

- Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong phòng bếp được tính từ tổng diện tích được tích phân chia cho nồng độ ban đầu [Công thức (1)].

$$\bar{\tau} = \frac{A_{tot}}{\varphi_{t=0}} = \frac{161,3}{1,27} = 127 \text{ min} = 2,12 \text{ h} \quad (\text{D.10})$$

D.2.4.4 Đánh giá độ không đảm bảo trong ví dụ đã cho

Các ước tính về độ không đảm bảo được tính tương tự như trường hợp lấy mẫu tự động.

$$s_{A_{meas}} = \Delta t(n-1) / \sqrt{ns_{meas}} \quad (\text{D.11})$$

thu được

$$s_{A_{num}} = 20 \times 5 \frac{0,02}{\sqrt{6}} = 0,82 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}$$

trong đó được giả định rằng độ không đảm bảo tuyệt đối của phép xác định nồng độ là $0,02 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ và sáu mẫu đầu tiên được sử dụng cho tích hợp số.

$$s_{rest} = A_{rest} \sqrt{s_{\lambda}^2 + s_{\ln \varphi, t}^2} \quad (\text{D.12})$$

thu được

$s_{rest} = 67,2 \times \sqrt{0,028^2 + 0,012^2} = 67,2 \times 0,030 = 2,03 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}$ trong đó độ không đảm bảo tương đối của độ dốc s_{λ} và độ không đảm bảo tương đối của giá trị kỳ vọng của nồng độ tại $t = 102 \text{ min}$ được tính toán bằng sử dụng kỹ thuật bình phương tối thiểu thông thường.

Độ không đảm bảo tương đối của diện tích dưới đường cong được tính như là

$$s_{area} = \frac{\sqrt{s_{A_{num}}^2 + s_{A_{rest}}^2}}{A_{num} + A_{rest}} = \frac{\sqrt{0,82^2 + 2,03^2}}{161,3} = 1,4\% \quad (\text{D.13})$$

s_{40} được ước tính bằng sử dụng một dự đoán thông báo dựa trên các dữ liệu được ghi. Trong trường hợp này, nó có thể được ước tính bằng cách sử dụng độ không đảm bảo của công thức bình phương tối thiểu cho phòng ngừa, khi mà sự phân rã dường như là được hoàn toàn theo cấp số nhân ngay từ đầu. Sử dụng tính toán bình phương tối thiểu thông thường của độ không đảm bảo của điểm chặn tại $t = 0$ cho được $s_{\varphi_0} = 2,2\%$.

Cộng thêm đóng góp của những độ không đảm bảo [Công thức (D.1)], thu được kết quả sau đây

$$s_r = \sqrt{0,014^2 + 0,022^2} = 2,6\%$$

D.3 Phương pháp phát thải đồng nhất

D.3.1 Phun khí đánh dấu

Mục đích của việc phun khí đánh dấu trong kỹ thuật phát thải đồng nhất là thiết lập tốc độ phun không đổi và bằng nhau trên một đơn vị thể tích trong tất cả các phần của hệ thống được thông gió. Việc phun khí đánh dấu hoặc có thể chủ động hoặc thụ động.

D.3.2 Lấy mẫu khí đánh dấu

Việc lấy mẫu hoặc có thể là thụ động (khuếch tán) hoặc chủ động. Lấy mẫu thụ động cho được giá trị trung bình của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong một thời gian dài, trong khi lấy mẫu chủ động cho được giá trị tức thời. Lấy mẫu chủ động có thể là tự động, thu được thông tin về các điều kiện thông gió như là một hàm số của thời gian, hoặc thủ công (bằng tay), thu được thông tin các khoảng khắc tức thời được chọn.

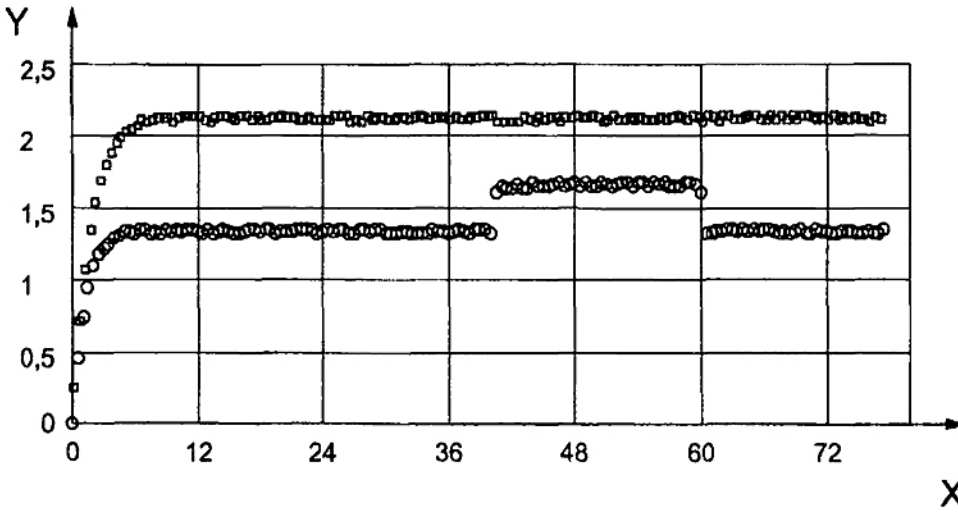
D.3.3 Ví dụ về phát thải đồng nhất sử dụng phun chủ động và lấy mẫu chủ động

D.3.3.1 Thực nghiệm được mô phỏng

Trong ví dụ này, khí đánh dấu SF₆ được phun vào ba khu vực của nhà ở sử dụng một bộ chia liều lượng có bán sẵn. Thiết bị này có thể được lập trình để phun khí đánh dấu tại sáu cổng khác nhau. Lập trình phân đoạn thời gian mà các cổng khác nhau được mở điều chỉnh lượng khí đánh dấu được phun ra. Khí đánh dấu được hòa trộn với không khí trước khi phân tán đến các cổng khác nhau để tránh nồng độ và mật độ quá mức. Các ống polyethylen (4 mm đường kính trong) được sử dụng để phân phối khí đánh dấu cho ba khu vực khác nhau. Hỗn hợp khí đánh dấu/không khí được phát ra phía sau một quạt công suất thấp trong từng phòng, để cải thiện sự phân bố khí đánh dấu trong phòng. Các thiết bị khác để kiểm soát việc phát thải và phân phối khí đánh dấu cũng có thể được sử dụng, nhưng trong mọi trường hợp, tốc độ phát thải cần phải được hiệu chuẩn cẩn thận để phù hợp với thể tích khu vực.

Lấy mẫu được thực hiện trong 80 h ở khoảng cách 15 min trong phòng ngủ và trong phòng bếp. Phân tích được thực hiện với màn hình đa khí, trong đó sử dụng hấp thụ hồng ngoại với một máy dò quang âm để phân tích nồng độ khí đánh dấu.

Khí đánh dấu SF₆ được phun với tốc độ 1cm³·m⁻³·h⁻¹. Nói chung, 122,4 ml/giờ được phân phối trong nhà ở. Để minh họa ảnh hưởng của việc thay đổi mô hình phân bố không khí, cửa giữa các phòng ngủ và phòng khách được mở phòng là để mở từ 40 h đến 60 h sau khi bắt đầu phun. Kết quả đã mô phỏng được thể hiện trong sơ đồ trong Hình D.5.



CHÚ DẪN:

- X thời gian các giờ, từ lúc bắt đầu bơm
- Y khí đánh dấu SF₆, tính theo cm³.m⁻³
- Phòng ngủ
- Phòng bếp

Hình D.5 – Kết quả phép đo nồng độ khí đánh dấu sử dụng kỹ thuật phát thải đồng nhất với bơm và lấy mẫu chủ động – Từ 40 h đến 60 h, cửa đến phòng ngủ được mở (dữ liệu được mở phòng)

D.3.3.2 Tính toán thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được tính toán từ các thương của nồng độ trạng thái ổn định và tốc độ phát thải khí đánh dấu trên một đơn vị thể tích.

$$\bar{\tau} = \frac{\varphi}{(q_v / V)} \tag{D.14}$$

Sau 10 h phun, đạt được trạng thái ổn định. Bảng D.3 dưới đây cho thấy kết quả của giá trị trung bình của các phép đo nồng độ và giá trị trung bình của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được tính toán trong các quãng thời gian khác nhau.

Bảng D.3 – Nồng độ trung bình ở trạng thái ổn định trong quá trình phân rã –
Từ 40 min đến 60 min, cửa phòng ngủ được mở

	Phòng ngủ		Phòng bếp	
	cm ³ /m ³	$\bar{\tau}$ h	cm ³ /m ³	$\bar{\tau}$ h
10 h đến 40 h	1,33 ± 0,01	1,33	2,13 ± 0,01	2,13
40 h đến 60 h	1,65 ± 0,15	1,65	2,12 ± 0,01	2,12
60 h đến 80 h	1,34 ± 0,01	1,34	2,12 ± 0,01	2,12

D.3.3.3 Ước tính về độ không đảm bảo

Độ không đảm bảo tương đối của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí khi sử dụng kỹ thuật phát thải đồng nhất được xác định từ độ lệch chuẩn của các yếu tố góp phần:

$$s_r^2 = s_{meas}^2 + s_{distr}^2 \quad (D.15)$$

Độ lệch chuẩn tương đối của nồng độ đo được tạo nên từ độ không đảm bảo của các dụng cụ phân tích, mà dụng cụ phân tích lại phụ thuộc vào sự hiệu chuẩn dụng cụ, vào độ trôi thang đo và mất ổn định của nó. Giả định ở đây là dụng cụ được hiệu chuẩn theo hỗn hợp tiêu chuẩn khí SF₆/không khí được biết đến trong giới hạn ± s_{cal} và dụng cụ đó cho ra một độ lệch chuẩn xung quanh giá trị trung bình của s_{anal} . Do vậy, biến thiên của phép đo nồng độ tổng là

$$s_{meas}^2 = s_{cal}^2 + s_{anal}^2 \quad (D.16)$$

Giả thiết rằng bất kỳ chênh lệch giữa nồng độ danh định của tiêu chuẩn hiệu chuẩn và trung bình của các giá trị đo được theo tiêu chuẩn này (sai số hệ thống), được tính theo một hằng số hiệu chỉnh. Độ không đảm bảo về tốc độ phát thải đồng nhất phụ thuộc rõ như thế nào vào tốc độ phát thải vào trong các khu vực khác nhau có thể đo được và giữ không đổi. Độ không đảm bảo tương đối trong quy định của tốc độ phun cần phải được biết đến từ hiệu chuẩn và được ấn định s_{inject} .

Có thêm một yếu tố trong tốc độ phát thải đồng nhất mà cần phải được tính đến khi tính toán độ không đảm bảo. Sai số này là do bất khả kháng được biết để đạt được một sự phân bố đồng nhất. Độ không đảm bảo này là khác nhau ở các khu vực khác nhau và cần được tính toán theo cách sau:

Đặt (q_v^{fk}) là tốc độ phun trung bình của khí đánh dấu trên đơn vị thể tích trong hệ thống được thông gió và ($q_v^{p,lv}$) như là tốc độ phun trong một khu vực cụ thể p chia cho thể tích của khu vực này.

$$s_{inhom} = \frac{|q_v/V - q_v^p/V^p|}{q_v/V - q_v^p/V^p} \quad (D.17)$$

Do đó tổng phương sai được tính bằng

$$s_r^2 = s_{cal}^2 + s_{anal}^2 + s_{inject}^2 + s_{inhom}^2 \quad (D.18)$$

Có độ không đảm bảo bổ sung trong phép đo do pha trộn không hoàn toàn của khí đánh dấu trong phạm vi khu vực. Độ không đảm bảo này trong quá trình xác định trung bình khu vực của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí chỉ có thể được đánh giá bằng cách đo tại các vị trí khác nhau trong một khu vực.

Các biến động do sự thay đổi trong tốc độ thông gió và phân phối khí với thời gian có thể được đánh giá bằng cách phân tích các biến động theo thời gian của phép đo nồng độ. Cần lưu ý rằng sự thay đổi như vậy có thể lớn hơn nhiều so với độ không đảm bảo của phương pháp được tính toán bằng kỹ thuật đã nói trên.

D.3.3.4 Đánh giá độ không đảm bảo trong ví dụ đã cho

$$s_r = \sqrt{s_{meas}^2 + s_{inject}^2 + s_{inhom}^2} \tag{D.19}$$

Độ không đảm bảo trong phân tích s_{meas} có thể được ước tính từ độ lệch tiêu chuẩn của hệ thống lấy mẫu và phân tích được xác định từ phân tích lặp lại của một khí hiệu chuẩn với nồng độ tương tự. Độ lệch chuẩn như vậy thường là $s_{meas} = 3 \%$.

Độ không đảm bảo tương đối trong quy định của tốc độ phun cần phải được biết đến từ hiệu chuẩn. Một giá trị tiêu biểu là $s_{inject} = 3 \%$.

s_{inhom} là độ không đảm bảo do bất khả kháng để thu được sự phân bố đồng nhất khí đánh dấu. Lý do cho tính không đồng nhất như thế của sự phân bố khí đánh dấu có thể là thiết bị quy định không cho phép người sử dụng thực hiện một kết hợp chính xác đến một tốc độ phun như mong muốn. Việc kết hợp giữa tốc độ phun mong muốn và tốc độ phun được điều tiết có thể khác nhau ở các khu vực khác nhau (tham khảo D.3.3.2 các ước tính về độ không đảm bảo ở trên để tính s_{inhom} trong các khu vực khác nhau).

Nếu s_{inhom} được bỏ qua trong các ví dụ trên, độ không đảm bảo tương đối trong phép đo thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí bằng cách sử dụng kỹ thuật phát thải đồng nhất với phun và lấy mẫu chủ động, áp dụng Công thức (D.19), là

$$s_r = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2} = 4,2 \%$$

Cần lưu ý rằng ước tính của độ không đảm bảo chỉ đề cập đến phép đo đơn. Nếu độ không đảm bảo trung bình của một vài phép đo là cần được ước tính, độ lệch chuẩn của giá trị trung bình cần phải được xác định bằng các kỹ thuật thông dụng. Nhận thấy rằng các sai số ngẫu nhiên trong các phép đo đơn có xu hướng triệt tiêu nhau khi tính trung bình. Tuy nhiên, những độ không đảm bảo do sai số hệ thống vẫn còn. Do đó, khuyến khích nên ước tính độ không đảm bảo của giá trị trung bình từ Công thức (D.20).

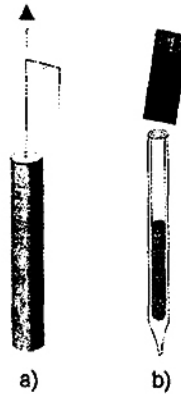
$$s_{average} = \sqrt{\frac{s_{series}^2}{n-1} + s_{cal}^2 + s_{distr}^2} \tag{D.20}$$

Trong đó, S_{series} là độ lệch chuẩn tương đối trong chuỗi thời gian với n phép đo mà trên đó trung bình được tính toán.

D.3.4 Ví dụ về phát thải đồng nhất sử dụng phun thụ động và lấy mẫu thụ động

D.3.4.1 Yêu cầu chung

Kỹ thuật phát thải đồng nhất với hệ thống phun thụ động và lấy mẫu thụ động thường được sử dụng để xác định thời gian trung bình của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong một khoảng thời gian kéo dài. Trong ví dụ này, các nguồn khí đánh dấu thụ động loại mao mạch có thể điều chỉnh được và ống lấy mẫu khuếch tán thụ động với chất hấp thụ than hoạt tính được sử dụng (xem Hình D.6).



CHÚ DẪN:

- nguồn mao quản khí đánh dấu với thiết bị điều chỉnh phát thải
- bộ lấy mẫu thụ động với chất hấp phụ than hoạt tính.

Sự điều chỉnh tốc độ phát thải từ một nguồn mao quản có thể được thực hiện bằng cách sử dụng một dây kim loại kéo dài đến các độ sâu khác nhau vào trong ống mao quản

Hình D.6 – Ví dụ về nguồn và ống lấy mẫu

Trong tài liệu tham khảo, một số loại nguồn thụ động và bộ lấy mẫu thụ động đã được mô tả. Một số trong số đó là có bán sẵn từ các công ty cũng thực hiện phân tích khí đánh dấu. Tốc độ phát thải của nguồn thụ động cần phải được hiệu chuẩn một cách cẩn thận trước khi sử dụng. Các nguồn này tỏ ra phụ thuộc vào nhiệt độ rất mạnh và điều này cần phải được biết chính xác. Tốc độ lấy mẫu khuếch tán của bộ lấy mẫu thụ động cũng cần phải được đo cẩn thận trước khi sử dụng. Các nguồn và ống lấy mẫu có bán sẵn này đã trải qua hiệu chuẩn và thử nghiệm cẩn thận.

D.3.4.2 Lập kế hoạch thử nghiệm

Quyết định rằng thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí cần được xác định trong một ngôi nhà một gia đình là các trung bình giá trị đo trong một tuần. Một phác thảo của ngôi nhà phải được chuẩn bị và thể tích của phòng được tính (Hình D.7). Ngôi nhà cũng có một tầng hầm. Tổng thể tích của không gian sống là 248 m³ và thể tích của tầng hầm kết nối thông qua cầu thang 140 m³. Trên tầng trệt, 33 m³

được xác định là các không gian khép kín nhỏ chỉ với không khí thải hoặc không có nguồn không khí cấp (phòng tắm, giặt và tủ quần áo). Những không gian nhỏ này không cần phải trang bị với nguồn khí đánh dấu.

Thông tin về các thể tích phòng đã tính toán được gửi đến một công ty, nơi phân phối mười hai nguồn khí đánh dấu được điều chỉnh và được ghi nhãn, tám trong số đó được phân bố ở tầng trệt và bốn trong tầng hầm.

D.3.4.3 Tính năng của phép thử nghiệm

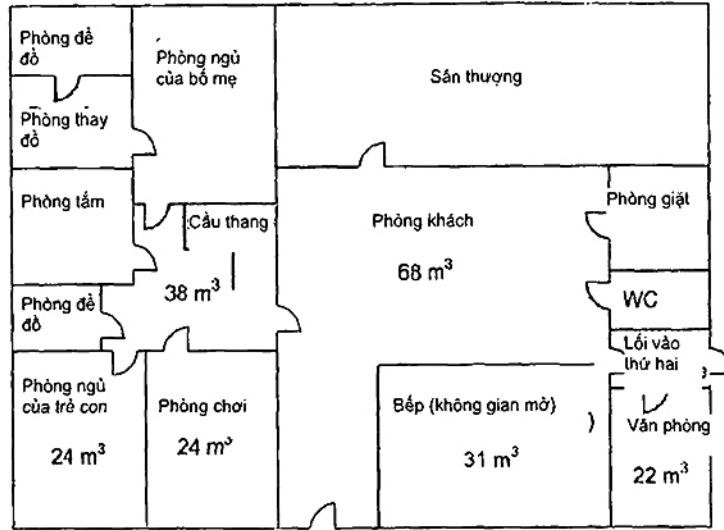
Mười hai nguồn khí đánh dấu được ghi nhãn và năm thiết bị lấy mẫu khí đánh dấu thụ động được phân bố trên các bức tường của các phòng theo hướng dẫn của công ty cung cấp. Sau khi định vị các nguồn, các ống lấy mẫu thụ động được phân bố và mở nắp đậy (nhà bếp, hành lang, phòng ngủ của trẻ em, văn phòng và tầng hầm). Các nguồn, thiết bị lấy mẫu và bộ ghi nhiệt độ được đặt ở độ cao mà chúng ở ngoài tầm tay của trẻ nhỏ. Những người cư ngụ được thông báo về mục đích của phép đo và được hướng dẫn không di chuyển thiết bị. Một biên bản và một hộp dùng để gửi trở về phòng thí nghiệm được để lại, vì vậy mà những người cư trú tự họ có thể ngừng phép đo lại sau một tuần bằng cách đóng nắp các thiết bị lấy mẫu và gửi chúng kèm với bộ ghi nhiệt độ qua bưu điện đến phòng thí nghiệm để phân tích. Các nguồn được gửi trong một gói riêng vào ngày hôm sau để tránh nhiễm bẩn.

D.3.4.4 Kết quả

Bảng D.4 dưới đây cho thấy thể tích khu vực, tốc độ phát thải khí, lượng khí đánh dấu trong thiết bị lấy mẫu và thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong các phòng khác nhau. Tổng thời gian tiếp xúc, T , là 164 h. Tốc độ lấy mẫu không khí (tương đương) của bộ lấy mẫu thụ động k là 16 ml/h.

Bảng D.4 – Lượng khí đánh dấu được phân tích, tốc độ phát thải và thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong các phòng được tính bằng cách sử dụng khí đánh dấu thụ động

Phòng	Thể tích V m^3	Tốc độ phát thải q_m $\mu g/h$	Lượng khí đánh dấu M ng	Thời gian lưu trú trung bình của khí $\bar{\tau}$ h
Phòng khách	68	35		
Phòng bếp	31	16	3,6	2,7
Hành lang	38	19	3,7	2,8
Phòng chơi	24	12		
Phòng ngủ của trẻ con	24	12	4,5	3,4
Phòng ngủ của bố mẹ	41	21		
Văn phòng	22	11	3,4	2,5
Hầm	140	70	1,9	1,4



Hình D.7 – Phác thảo kế hoạch để sử dụng trong việc tính toán phân bố khí đánh dấu và để sử dụng như là bổ sung cho biên bản đo để chỉ ra vị trí của nguồn và ống lấy mẫu

Nồng độ khí đánh dấu trung bình ρ_a tại một vị trí thiết bị lấy mẫu được đánh giá từ lượng khí đánh dấu được phân tích, M

$$M = \kappa \cdot T \cdot \rho_a \quad (D.21)$$

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí $\bar{\tau}$ được tính từ

$$\bar{\tau} = \frac{\rho_a}{q_m / V} \quad (D.22)$$

Trong đó q_m/V là tốc độ phát thải trung bình trên một đơn vị thể tích (ví dụ, $\mu\text{g}/\text{h}/\text{m}^3$).

D.3.4.5 Ước tính độ không đảm bảo của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí
 Ước tính tổng độ không đảm bảo s của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí được tính như sau:

$$s = \sqrt{s_{\text{source}}^2 + s_{\text{sampl}}^2 + s_{\text{meas}}^2 + s_{\text{inhom}}^2} \quad (D.23)$$

Trong đó

s_{source} là độ không đảm bảo của tốc độ phát thải tổng thể. Nó bao gồm độ không đảm bảo của tổng tốc độ phát thải trong hệ thống được thông gió cần được tính toán từ các độ lệch chuẩn tương đối của các nguồn riêng lẻ (được xác định bằng hiệu chuẩn) chia cho căn bậc hai của số nguồn trong hệ thống + độ không đảm bảo do bù trừ nhiệt độ không đầy đủ;

TCVN 10736-8:2016

s_{samp} là độ không đảm bảo tương đối của lấy mẫu. Nó cần được tính toán như là độ lệch chuẩn tương đối của tốc độ lấy mẫu được xác định bởi hiệu chuẩn + độ không đảm bảo do lấy mẫu không đại diện vì không hòa trộn đủ trong khu vực;

s_{meas} là độ không đảm bảo tương đối do phân tích (độ lặp lại + độ trôi + độ không đảm bảo của hiệu chuẩn). (tối đa 0,08);

s_{inhom} là độ không đảm bảo tương đối do bất kỳ sai lệch so với tốc độ phát ra khí đánh dấu đồng nhất xảy ra tại các khu vực riêng biệt. Các sai số do các sai lệch như vậy là phụ thuộc vào các kết nối thực tế (theo chiều luồng không khí) giữa các khu vực cụ thể và phần còn lại của hệ thống được thông gió. Vì tầm quan trọng của sự kết nối này thường không được biết, các ước tính thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí sẽ được liên kết với một độ không đảm bảo (xem ví dụ trong D.3.3.3 về làm thế nào để tính toán s_{inhom}).

D.3.4.6 Đánh giá về độ không đảm bảo trong ví dụ đã cho

Với mười hai nguồn, mỗi nguồn đều có một độ không đảm bảo tương đối của tốc độ phát thải bằng 5 % và với độ không đảm bảo tương đối là 3 % do bù trừ nhiệt độ, độ không đảm bảo của các nguồn trở thành:

$$s_{\text{source}} = \sqrt{0,05^2 / 12 + 0,03^2} \quad (\text{D.24})$$

Độ không đảm bảo về lấy mẫu có thể được tính từ

$$s_{\text{samp}} = \sqrt{0,05^2 + s_{\text{mix}}^2 / (n-1)} \quad (\text{D.25})$$

Trong đó độ không đảm bảo trong hiệu chuẩn tốc độ lấy mẫu được giả định là 5 %.

s_{mix}^2 biểu thị biến thiên của hòa trộn do sự biến động của các ống lấy mẫu riêng lẻ và lấy mẫu không đại diện tại khu vực, cần được xác định từ độ lệch chuẩn tương đối của n ống lấy mẫu trong khu vực. Nếu chỉ có một ống lấy mẫu được sử dụng (ví dụ như trong một khu vực nhỏ), thì $s_{\text{mix}}^2 / (n-1)$ cần phải được thay bằng $0,05^2$ cho một khu vực được hòa trộn bình thường.

$s_{\text{meas}} = 0,03$ (3 %) là giá trị tiêu biểu cho độ không đảm bảo tương đối của phân tích khí đánh dấu khi sử dụng chiết lỏng và phân tích GC/ECD. Tuy nhiên, độ không đảm bảo tương đối tăng nhanh chóng khi lượng khí đánh dấu giảm.

Nếu độ lệch từ sự phân bố đồng nhất của các tốc độ phát thải được bỏ qua, tổng cộng độ không đảm bảo tiêu biểu của các lượng ước tính thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí chiếm tới 11 % trong ví dụ này.

$$s = \sqrt{s_{\text{source}}^2 + s_{\text{samp}}^2 + s_{\text{meas}}^2 + s_{\text{inhom}}^2} = \sqrt{(0,05 / 12 + 0,03^2) + (0,05^2 + 0,05^2) + 0,08^2 + 0} = 0,11$$

Tổng cộng độ không đảm bảo tiêu biểu của các lượng ước tính thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí tới 11 % trong ví dụ này.

Cần lưu ý rằng ước tính của độ không đảm bảo chỉ đề cập đến trung bình của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong thời gian đo. Bất kỳ các thay đổi nào do sự thay đổi trong tốc độ thông gió và phân phối khí với thời gian không được tính. Điều này chỉ có thể được đánh giá bằng cách phân tích các biến động theo thời gian của nồng độ.

Phụ lục E

(tham khảo)

**Sự tương thích của chất lượng không khí vào thời gian trung bình lưu tại chỗ
của không khí và thể hiện kết quả**

E.1 Sự tương thích của chất lượng không khí vào thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí

E.1.1 Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí

“Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí” chỉ ra độ dài thời gian không khí bao quanh một điểm cụ thể trong không gian đã mất tính theo trung bình trong hệ thống được thông gió. Không khí đã trải qua trong nhà càng lâu, chắc chắn không khí đó đã tích lũy càng nhiều các chất ô nhiễm từ các nguồn trong nhà. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí do đó có thể là một chỉ thị chất lượng không khí. Tuy nhiên, không khí bao quanh điểm đó có thể đã trải qua các thời gian khác nhau trong các khu vực khác nhau của hệ thống được thông gió.

Mô hình phân bố thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong một tòa nhà mô tả cách thức không khí thông gió được phân bố trong tòa nhà. Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí có quan hệ chặt chẽ với thời gian để làm mới không khí tại địa điểm cụ thể.

E.1.2 Ví dụ: Ước lượng tốc độ phát thải chất gây ô nhiễm

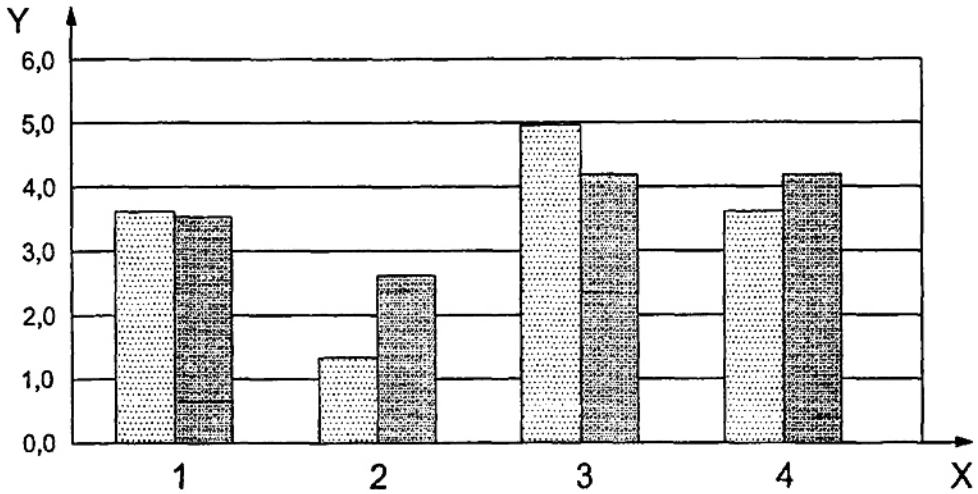
Một giá trị xấp xỉ tốc độ phát thải tổng thể của một chất gây ô nhiễm C trên mỗi mét khối không gian $\langle q_w^c / V \rangle$ mà nồng độ của nó được đo đồng thời với thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, có thể thu được bằng cách sử dụng quy trình sau đây.

Đầu tiên, tính nồng độ trung bình $\langle \rho^c \rangle$ của chất gây ô nhiễm C trong hệ thống được thông gió bằng cách tính các nồng độ theo trọng số thể tích. Sau đó, chia nó cho trung bình của thời gian trung bình lưu của không khí trong hệ thống $\langle \tau \rangle$, mà nó được tính từ thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí theo trọng số thể tích.

$$\langle q_w^c / V \rangle \approx \frac{\langle \rho^c \rangle}{\langle \tau \rangle} \quad (E.1)$$

Không thể nói tốc độ phát thải chất gây ô nhiễm này được phân bố giữa các khu vực là như thế nào, nếu mà không có thêm thông tin về các mô hình luồng không khí trong hệ thống. Tuy nhiên có thể so sánh sự phân bố nồng độ được dự kiến với sự phân bố nồng độ thực. Nồng độ khu vực dự kiến với sự

phân bố đồng nhất của tốc độ phát thải chất gây ô nhiễm có thể được ước tính bằng cách nhân giá trị tính được ($q_w C/V$) với thời gian lưu trung bình tại chỗ của không khí trong các khu vực khác nhau.



CHÚ DẪN:

X phòng

Y nồng độ ρ^C , mg.m^{-3}

▨ nồng độ đo được

▩ nồng độ dự kiến

1 phòng khách

2 phòng ngủ

3 phòng bếp

4 buồng tắm

Hình E.1 – So sánh giữa nồng độ chất ô nhiễm đo được và nồng độ dự đoán được tính toán giả thiết sự phát thải đồng nhất cung cấp thông tin về sự phân bố của các nguồn chất ô nhiễm

Các phòng cho thấy nồng độ cao hơn so với nồng độ dự kiến là có tốc độ phát thải trên mét khối (m^3) cao hơn so với $\langle q_w^C / V \rangle$ tính được, trong khi các phòng với giá trị thấp hơn có tốc độ phát thải trên một mét khối (m^3) nhỏ hơn so với $\langle q_w^C / V \rangle$ tính được.

E.2 Biểu thị kết quả

Thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong các khu vực khác nhau là những kết quả chính của các phép đo theo tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, có một số đại lượng thứ cấp hoặc được suy luận của các điều kiện thông gió trong một tòa nhà mà cũng có thể được ghi lại như các kết quả của phép thử:

- Tốc độ dòng thông gió cụ thể theo phòng (h^{-1});
- Thời gian lưu trung bình của không khí (h);
- Hằng số thời gian danh nghĩa (h);

TCVN 10736-8:2016

- d) Hiệu quả trao đổi không khí;
- e) Các chỉ số trao đổi không khí tại chỗ;
- f) Tốc độ dòng thông gió cụ thể (ACH) (h^{-1});
- g) Tổng tốc độ dòng thông gió ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Trong những trường hợp đặc biệt, các thông số này có thể được tính từ những thể tích đã biết và thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong các khu vực khác nhau, trong đó nơi mà hệ thống được thông gió được chia ra.

Các định nghĩa và tính toán của những đại lượng bổ sung được đưa ra dưới đây.

Tốc độ dòng thông gió cụ thể theo phòng (h^{-1}) là nghịch đảo của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong một khu vực. Đại lượng này trước đây thường được gọi là "tốc độ thay đổi không khí tại chỗ" (ACH tại chỗ/cục bộ). Ưu điểm của thông số này nằm trong sự tương đồng gần gũi của nó với tốc độ dòng thông gió cụ thể được biết rõ (ACH), được xác định chỉ cho hệ thống được thông gió như là một tổng thể.

Thời gian lưu trung bình của không khí trong hệ thống được thông gió chỉ ra cho biết bao nhiêu lâu, không khí theo trung bình ở trong hệ thống thông gió. Nó được tính từ trung bình theo trọng số thời gian của thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí trong các khu vực khác nhau.

$$\langle \tau \rangle = \sum (V_i \tau_i) / \sum V_i$$

Trong đó

V_i là thể tích của khu vực;

τ_i là thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí.

Trong tính toán này, chỉ bao gồm những khu vực mà thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí đã được xác định (ví dụ những khu vực được lắp với cả nguồn khí đánh dấu và ống lấy mẫu)

Thời gian trao đổi không khí được xác định là hai lần trung bình của thời gian trung bình lưu của không khí trong hệ thống được thông gió.

Hằng số thời gian danh định được xác định từ tổng thể tích của hệ thống được thông gió chia cho tổng số tốc độ dòng thông gió. Nó cũng tương đương với thời gian trung bình của không khí rời khỏi hệ thống. Nếu có thể, cần phải được tính thời gian trung bình lưu theo trọng số dòng chiết hút của không khí được đo bằng ống lấy mẫu đặt gần điểm chiết khí đã xác định. Nếu các dòng chiết không được biết, thì thực hiện phép tính trung bình số học đơn giản của thời gian lưu trung bình của không khí đo được tại các điểm chiết. Nếu điểm chiết không khí là không thể xác định thì thời gian lưu trung bình của hệ thống có thể được lấy như là một giá trị xấp xỉ của các hằng số thời gian danh nghĩa. Tuy nhiên, khi một trong các phương pháp gần đúng được sử dụng, một giá trị của độ không đảm bảo nên

được nêu ra mà nó là tương đương với độ lệch chuẩn của thời gian trung bình lưu đơn lẻ so với mức trung bình.

Hiệu suất trao đổi không khí được xác định ra như là tỉ số của hằng số thời gian danh nghĩa trên thời gian trao đổi không khí trong hệ thống. Thông số này mô tả không khí thông gió được sử dụng tốt như thế nào so với thông gió với một "dòng bơm" lý tưởng qua hệ thống thông gió, với cùng tốc độ dòng thông gió. Đối với một hệ thống được hòa trộn hoàn toàn, hiệu quả trao đổi không khí là 50 %.

Chỉ số trao đổi không khí là tỷ số của hằng số thời gian danh định trên thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí. Chỉ số này mô tả một không gian cục bộ được thông gió tốt như thế nào so với thông gió trong một hệ thống được hòa trộn hoàn toàn với cùng tốc độ dòng thông gió.

Tốc độ dòng thông gió cụ thể được định nghĩa là tổng tốc độ dòng của không khí bên ngoài đi vào (nhập vào) một hệ thống được thông gió, chia cho thể tích của hệ thống được thông gió. Đại lượng này tương đương với đại lượng "tốc độ thay đổi không khí" (ACH) được sử dụng trước đây. Tốc độ dòng thông gió cụ thể không được xác định tại chỗ (cục bộ) cho một khu vực (xem thêm: "Tốc độ dòng cụ thể theo phòng"). Nó được tính toán từ giá trị nghịch đảo của hằng số thời gian danh nghĩa. **Tổng tốc độ dòng thông gió** được tính từ tỷ lệ của tổng thể tích của hệ thống được thông gió trên hằng số thời gian danh định được xác định. Tổng thể tích phải bao gồm tất cả các không gian của hệ thống được thông gió và không chỉ là thể tích của các khu vực được điều tra nghiên cứu.

E.3 Lưu ý về phép đo và diễn giải "tốc độ dòng khí sạch"

E.3.1 Định nghĩa

Các "tốc độ dòng khí sạch" U là một khái niệm thông gió chỉ ra sự thông gió là hiệu quả như thế nào trong khi loại bỏ các chất ô nhiễm được phát thải cục bộ từ một khu vực. Nó được xác định từ công thức sau:

$$\rho^c = \frac{q_w^c}{U} \quad (E.2)$$

Trong đó

ρ^c là nồng độ ở trạng thái ổn định trong khu vực;

q_w^c là tốc độ phát thải của chất gây ô nhiễm trong khu vực đó.

Lưu ý rằng công thức này chỉ đúng nếu chất ô nhiễm như thế không được phát thải ở bất cứ nơi nào khác trong hệ thống được thông gió.

Nếu chất ô nhiễm tương tự cũng được phát thải trong các khu khác j của hệ thống được thông gió, thì công thức sau đây cần phải được sử dụng cho nồng độ ở trạng thái ổn định của chất ô nhiễm trong khu vực i ;

$$P_i^c = \frac{(q_w^c)_i + \sum_{j \neq i} P_{ij} (q_w^c)_j}{U_i} \quad (\text{E.3})$$

Trong đó

P_{ij} là xác suất chuyển dịch của các chất ô nhiễm được phát ra với tốc độ phát thải $(q_w^c)_j$, trong các khu khác j vào khu vực i .

Tốc độ dòng sục trong một khu vực có thể dễ dàng được đo bằng cách sử dụng một khí đánh dấu với tốc độ phát thải không đổi đã biết trong một khu vực (và không có khu vực khác) và đo nồng độ ở trạng thái ổn định trong khu vực đó. Khi sử dụng các kỹ thuật phát thải đồng nhất để đo thời gian trung bình lưu tại chỗ của không khí, tốc độ dòng sục trong một khu vực có thể được xác định cùng một lúc bằng cách sử dụng một khí đánh dấu loại khác trong khu vực đó.

E.3.2 Diễn giải tốc độ dòng khí sục

Tốc độ dòng khí sục U có thể được diễn giải như là tốc độ dòng của không khí bên ngoài vào hệ thống được thông gió, mà nó sẵn có trong một khu vực cụ thể để pha loãng các chất ô nhiễm. Giá trị lớn nhất của U là tổng lưu lượng thông gió đến hệ thống, và xảy ra, ví dụ như khi có sự hòa trộn tốt giữa các khu vực.

Phù hợp với lý thuyết đa khu vực, tốc độ dòng sục có thể được hiểu như là tổng các lưu lượng thông gió q_i trực tiếp từ bên ngoài vào các khu vực khác nhau:

$$U_i = q_i + \sum_{j \neq i} P_{ij} q_j \quad (\text{E.4})$$

Trong đó

P_{ij} là xác suất chuyển đi của không khí từ khu vực j vào trong khu vực i ;

q_i là lưu lượng của không khí bên ngoài trực tiếp đến khu vực i .

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 10736-1 (ISO 16000-1), *Không khí trong nhà – Phần 1: Các khía cạnh chung của kế hoạch lấy mẫu*
 - [2] ISO 16017-1, *Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling*
 - [3] ISO 16017-2, *Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 2: Diffusive sampling*
-