

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 10759-4:2016

ISO 11665-4:2012

Xuất bản lần 1

ĐO HOẠT ĐỘ PHÓNG XẠ TRONG MÔI TRƯỜNG - KHÔNG KHÍ: RADON-222 - PHẦN 4: PHƯƠNG PHÁP ĐO TÍCH HỢP ĐỂ XÁC ĐỊNH NỒNG ĐỘ HOẠT ĐỘ TRUNG BÌNH VỚI VIỆC LẤY MẪU THỤ ĐỘNG VÀ PHÂN TÍCH TRỄ

*Measurement of radioactivity in the environment - Air: radon-222 -
Part 4: Integrated measurement method for determining average activity concentration using
passive sampling and delayed analysis*

HÀ NỘI - 2016

Lời nói đầu

TCVN 10759-4:2016 hoàn toàn tương đương với ISO 11665-4:2012

TCVN 10759-4:2016 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 85/SC 2 Bảo vệ bức xạ biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 10759 (ISO 11665), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường - Không khí: radon-222* gồm các tiêu chuẩn sau:

- TCVN 10759-1:2016 (ISO 11665-1:2012), Phần 1: Nguồn gốc, các sản phẩm phân rã sống ngắn và các phương pháp đo.
- TCVN 10759-2:2016 (ISO 11665-2:2012), Phần 2: Phương pháp đo tích hợp để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng trung bình của sản phẩm phân rã sống ngắn.
- TCVN 10759-3:2016 (ISO 11665-3:2012), Phần 3: Phương pháp đo điểm để xác định nồng độ năng lượng alpha tiềm tàng của sản phẩm phân rã sống ngắn.
- TCVN 10759-4:2016 (ISO 11665-4:2012), Phần 4: Phương pháp đo tích hợp để xác định nồng độ hoạt độ trung bình với việc lấy mẫu thụ động và phân tích trẻ.
- TCVN 10759-5:2016 (ISO 11665-5:2012), Phần 5: Phương pháp đo liên tục để xác định nồng độ hoạt độ.
- TCVN 10759-6:2016 (ISO 11665-6:2012), Phần 6: Phương pháp đo điểm để xác định nồng độ hoạt độ.
- TCVN 10759-7:2016 (ISO 11665-7:2012), Phần 7: Phương pháp tích lũy để ước lượng tốc độ xả bề mặt.
- TCVN 10759-8:2016 (ISO 11665-8:2012), Phần 8: Phương pháp luận về khảo sát sơ bộ và khảo sát bổ sung trong các tòa nhà.

Bộ tiêu chuẩn ISO 11665 còn có các tiêu chuẩn sau:

- ISO 11665-9, *Part 9: Method for determining exhalation rate of dense building materials.*

Lời giới thiệu

Đồng vị radon 222, 220 và 219 là các khí phóng xạ được tạo ra do sự phân rã đồng vị radi 226, 224 và 223, là các sản phẩm phân rã của urani-238, thori-232 và urani-235, và đều được tìm thấy trong lớp vỏ trái đất (xem Phụ lục A). Các nguyên tố thể rắn, cũng có tính phóng xạ, và được tiếp theo bởi nguyên tố chì bền là được tạo ra bởi sự phân rã radon^[1]. Radon được xem là khí trơ trong bảng nguyên tố tuần hoàn, cùng với heli, argon, neon, froyton và xenon.

Khi tan rã, radon phát xạ hạt alpha và tạo ra các sản phẩm phân rã thể rắn, và có tính phóng xạ (poloni, bitmut, chì,...). Ảnh hưởng tiềm ẩn lên sức khỏe con người của radon nằm ở các sản phẩm phân rã của nó hơn là do bản thân khí radon. Dù khí radon có gắn với sol khí hay không, sản phẩm phân rã radon có thể được hít vào và lắng đọng trong phế quản phổi tại độ sâu khác nhau tùy theo kích thước của chúng ^{[2][3][4][5]}.

Radon ngày nay được xem là nguồn phơi nhiễm chính của con người với bức xạ tự nhiên. Báo cáo của UNSCEAR (2006)^[6] cho rằng, tại mức độ trên toàn thế giới, radon đại diện cho khoảng 52 % mức phơi nhiễm trung bình với bức xạ tự nhiên. Tác động bức xạ của đồng vị 222 (48 %) là đáng kể hơn so với đồng vị 220 (4 %), trong khi đồng vị 219 được xem là không đáng kể (xem Phụ lục A). Tham khảo TCVN 10759-1 (ISO 11665-1) về radon-222.

Nồng độ hoạt độ radon có thể thay đổi một đến nhiều bậc về độ lớn tùy theo thời gian và không gian. Phơi nhiễm với radon và các sản phẩm phân rã của nó thay đổi nhiều từ địa điểm này đến địa điểm khác, vì nó phụ thuộc trước tiên vào lượng radon phát xạ do đất và vật liệu xây dựng trong từng địa điểm, thứ hai phụ thuộc vào mức độ nhiễm xạ và điều kiện thời tiết tại các địa điểm nơi các cá nhân bị phơi nhiễm. Sự phơi nhiễm của con người với radon chủ yếu liên quan đến nơi sống và nơi làm việc. Phương pháp đo tích hợp dài hạn được áp dụng trong đánh giá sự phơi nhiễm của con người với bức xạ^[3]. Đối với lý do về chi phí và tính dễ sử dụng, phép đo dài hạn (trong khoảng thời gian vài tháng) chỉ được thực hiện với lấy mẫu thụ động^{[4][5]}.

Các giá trị thường được tìm thấy trong môi trường lục địa là thường từ vài becquerel trên mét khối đến vài nghìn becquerel trên mét khối. Nồng độ hoạt độ nhỏ hơn một becquerel trên mét khối có thể quan sát được trong môi trường đại dương. Giá trị trung bình hàng năm nồng độ hoạt độ radon trong các ngôi nhà có thể thay đổi từ vài chục becquerel trên mét khối đến vài nghìn becquerel trên mét khối^[2]. Nồng độ hoạt độ có thể đạt tới vài nghìn becquerel trên mét khối trong không gian rất kín.

Nồng độ hoạt độ của radon-222 trong không khí có thể được đo bằng phương pháp đo điểm, liên tục và tích hợp với lấy mẫu chủ động hoặc thụ động [xem TCVN 10759-1 (ISO 11665-1)]. Tiêu chuẩn này đề cập đến kỹ thuật đo tích hợp radon-222 với lấy mẫu thụ động.

CHÚ THÍCH Nguồn gốc radon-222 và các sản phẩm phân rã sống ngắn của nó trong môi trường không khí và các phương pháp đo khác được mô tả khái quát tại TCVN 10758-1 (ISO 11665-1).

Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường - Không khí: Radon-222 - Phần 4: Phương pháp đo tích hợp để xác định nồng độ hoạt độ trung bình với việc lấy mẫu thụ động và phân tích trễ

Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 –

Part 4: Integrated measurement method for determining average activity concentration using passive sampling and delayed analysis

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả kỹ thuật đo tích hợp cho radon-222 với việc lấy mẫu thụ động. Tiêu chuẩn này đưa ra các chỉ dẫn để xác định nồng độ hoạt độ trung bình của radon-222 trong không khí từ phép đo dựa trên việc lấy mẫu thụ động để áp dụng và chi phí thấp, và điều kiện để sử dụng cảm biến.

Tiêu chuẩn này áp dụng đối với các mẫu được lấy liên tục trong các giai đoạn khác nhau từ vài ngày đến một năm.

Phương pháp đo này áp dụng đối với mẫu không khí có nồng độ hoạt độ radon lớn hơn 5 Bq/m³.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng 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 (nếu có).

TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường – Không khí: radon-222 – Phần 1: Nguồn gốc, các sản phẩm phân rã sống ngắn và các phương pháp đo*

TCVN ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 17025), *Yêu cầu chung về năng lực phòng thử nghiệm và hiệu chuẩn*
ISO 11929, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application.*

IEC 61577-1, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 1: General principles* (Dụng cụ bảo vệ bức xạ – Thiết bị đo radon và các sản phẩm phân rã của radon – Phần 1: Nguyên tắc chung).

3 Thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các định nghĩa và thuật ngữ nêu tại TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

3.2 Ký hiệu

Tiêu chuẩn này sử dụng các ký hiệu nêu tại TCVN 10759-1 (ISO 11665-1) và các ký hiệu sau.

\bar{C}	nồng độ hoạt độ trung bình, tính bằng becquerel trên mét khối
\bar{C}^*	ngưỡng quyết định của nồng độ hoạt độ trung bình, tính bằng becquerel trên mét khối
$\bar{C}^\#$	giới hạn phát hiện của nồng độ hoạt độ trung bình, tính bằng becquerel trên mét khối
$\bar{C}^<$	giới hạn dưới của khoảng tin cậy của nồng độ hoạt độ trung bình, tính bằng becquerel trên mét khối
$\bar{C}^>$	giới hạn trên của khoảng tin cậy của nồng độ hoạt độ trung bình, tính bằng becquerel trên mét khối
t	thời gian lấy mẫu, tính bằng giờ
U	độ không đảm bảo mở rộng được tính bằng $U = k.u(\)$ với $k = 2$
$u(\)$	độ không đảm bảo tiêu chuẩn của kết quả đo
$u_{rel}(\)$	độ không đảm bảo tiêu chuẩn tương đối
μ	đại lượng sẽ được đo
μ_0	mức phông nền
ω	hệ số hiệu chỉnh gắn với hệ số hiệu chỉnh và các hệ số hiệu chỉnh theo khí hậu.

4 Nguyên lý

Phương pháp đo tích hợp nồng độ hoạt độ trung bình của radon dựa trên các yếu tố sau:

- lấy mẫu thụ động, liên tục mẫu khí đại diện cho không khí đang được điều tra, bằng đối lưu tự do và khuếch tán tự nhiên cho một cảm biến trong một cấu hình mở (tiếp xúc với không khí) hoặc bằng khuếch tán tự nhiên cho một cảm biến trong một cấu hình kín (với một buồng tích lũy);
- tích lũy đồng thời một đại lượng vật lý đo được (các vết, điện tích, nguyên tử phóng xạ, v.v...) trên một cảm biến phù hợp;
- đo đại lượng vật lý được tích lũy có liên quan trực tiếp tới nồng độ hoạt độ trung bình của radon trong khoảng thời gian lấy mẫu.

Một số phương pháp đo đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn này. Về cơ bản, chúng được phân biệt với nhau bởi đại lượng vật lý được tích lũy và cách đo đại lượng vật lý đó. Đại lượng vật lý và phép đo liên quan có thể là các ví dụ như sau:

- “vết ần” sinh ra trong một chất polyme [detector vết hạt nhân trạng thái rắn (SSNTD)] bởi sự ion hóa từ hạt alpha của radon và các sản phẩm phân rã của nó; những vết ần này được phát hiện và đếm (xem Phụ lục A);
- điện tích sinh ra trong một chất rắn [vật liệu bán dẫn (silicon)] bởi ion hóa từ hạt alpha của radon và các sản phẩm phân rã của nó; chúng được phát hiện bởi các hệ điện tử liên quan;
- sự phóng điện của một electret (phần tử tích điện dương và không nạp điện lại được) bởi sự ion hóa không khí do phân rã phóng xạ của radon và các sản phẩm phân rã của nó; sự thay đổi điện áp liên quan đến sự phóng điện này phải được đo (xem Phụ lục B);
- nguyên tử ^{222}Rn bám trên than chì; tỷ suất phát gamma của sản phẩm phân rã ^{214}Pb và ^{214}Bi được đo với một phổ kế gamma (xem Phụ lục C).

CHÚ THÍCH: Phân tích đại lượng vật lý có thể không được thực hiện ngay và có thể cần có các thao tác trong phòng thử nghiệm.

Kết quả của phép đo tích hợp có sự độ phơi nhiễm radon của cảm biến trong thời gian lấy mẫu được xác định. Nồng độ hoạt độ trung bình của radon được tính bằng cách chia kết quả phơi nhiễm cho thời gian lấy mẫu.

5 Thiết bị

Thiết bị bao gồm:

- a) Một cảm biến thu thập đại lượng vật lý (SSNTD, detector silicon, detector electret, than hoạt tính, v.v...) đặt riêng hoặc trong một buồng tích lũy được làm từ vật liệu dẻo dẫn điện với thể tích phát hiện được biết; trong cấu hình kín, cảm biến được đặt trong một buồng tích lũy kín với một cái lọc và trong cấu hình mở, cảm biến được đặt tiếp xúc trực tiếp với không khí (không có buồng tích lũy);
- b) Một hệ thống phát hiện phù hợp với đại lượng vật lý được tích lũy.

Thiết bị cần thiết cho mỗi phương pháp đo được mô tả tương ứng trong các Phụ lục A, B và C.

6 Lấy mẫu

6.1 Mục tiêu lấy mẫu

Mục tiêu lấy mẫu là đặt một mẫu khí đại diện cho môi trường khí đang được điều tra tiếp xúc liên tục với cảm biến (SSNTD, detector silicon, detector electret, than hoạt tính, v.v...)

TCVN 10759-4:2016

6.2 Đặc điểm lấy mẫu

Việc lấy mẫu là thụ động.

Trong cấu hình kín, việc lấy mẫu được thực hiện thông qua một bộ phận lọc, do đó, chỉ các hạt alpha là được phát hiện bởi cảm biến (xem Điều 5). Việc lấy mẫu được thực hiện trong các điều kiện nhằm ngăn ngừa hiện tượng tắc bộ phận lọc, điều làm điều kiện đo bị thay đổi. Tắc nghẽn trong quá trình lấy mẫu có thể dẫn tới việc không làm mới được khí trong buồng tích lũy.

Với cấu hình mở, cảm biến đồng thời ghi lại số phát hạt alpha của radon và số phát hạt alpha của các sản phẩm phân rã radon ở gần bề mặt của nó. Cảm biến cũng ghi nhận bất kỳ nguồn phát alpha nào tồn tại trong không khí được phân tích, trong dải năng lượng do nhà sản xuất quy định. Cấu hình này được áp dụng trong các điều kiện nhằm ngăn ngừa hiện tượng tắc nghẽn cảm biến (không khí có bụi, chất dầu mỡ bị lắng đọng), làm điều kiện đo bị thay đổi.

6.3 Điều kiện lấy mẫu

6.3.1 Khái quát

Việc lấy mẫu phải được thực hiện theo quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

6.3.2 Lắp đặt cảm biến

Lắp đặt cảm biến phải được thực hiện theo quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Trong trường hợp cụ thể là đo trong nhà, cảm biến nên đặt trên một bề mặt thoáng cách mặt đất từ 1 m đến 2 m, dưới các điều kiện sau:

- a) nên để khoảng trống ít nhất 20 cm xung quanh cảm biến để tránh ảnh hưởng của khí thori từ các bức tường;
- b) cảm biến nên đặt cách xa bất cứ nguồn nhiệt nào (lò sưởi, ống khói, thiết bị điện, tivi, ánh sáng mặt trời trực tiếp, v.v...) và xa các khu vực đi lại, cửa và cửa sổ, tường và nguồn thông gió tự nhiên;
- c) không nên xáo trộn các điều kiện lắp đặt trong quá trình đo (các cuốn sách bị rơi, hoạt động của các kỹ sư, hành động hiếu kỳ, v.v...); những người ở trong nhà cần được khuyến cáo để không làm thay đổi điều kiện lấy mẫu;
- d) cảm biến cũng cần được bảo đảm trong quá trình đo để không bị hư hại nào.

6.3.3 Thời gian lấy mẫu

Thời gian lấy mẫu là khoảng thời gian từ thời điểm lắp đặt đến thời điểm lấy cảm biến tại điểm lấy mẫu.

Thời điểm lắp đặt và tháo cảm biến phải được ghi lại (ngày và giờ).

Thời gian lấy mẫu phải được hiệu chỉnh để thích hợp với hiện tượng đang được điều tra, với hoạt độ phóng xạ dự đoán và các đặc điểm của cảm biến (xem Bảng 1).

**Bảng 1 – Ví dụ các đặc điểm lấy mẫu của các phương pháp đo khác nhau
đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn này**

Cảm biến	Phụ lục (quy định)	Nơi lấy mẫu	Thời gian lấy mẫu/ Thời gian phơi nhiễm
Detector vết hạt nhân trạng thái rắn (cấu hình mở)	A	Trong nhà	Một tuần đến vài tháng
Detector vết hạt nhân trạng thái rắn (cấu hình kín)		Ngoài trời hoặc trong nhà	
Detector electret	B		
Than hoạt tính	C		Vài ngày

Thời gian lấy mẫu được xác định trên cơ sở ý định sử dụng kết quả đo.

Ví dụ, nồng độ trong nhà khác biệt không chỉ trong một ngày mà còn khác biệt giữa các ngày trong tuần do sự thay đổi về mức độ chiếm cứ khoảng không. Trong trường hợp này, nên lấy mẫu trong toàn bộ một tuần tính đến cả những thay đổi này.

CHÚ THÍCH: Gắn với giá trị nồng độ hoạt độ radon trung bình hàng năm trong các tòa nhà và không đánh giá thấp giá trị đó, nên thực hiện các phép đo trong ít nhất hai tháng (xem TCVN 10759-8 (ISO 11665-8)).

Người sử dụng nên nhận thức đặc điểm bão hòa của cảm biến và nên chỉnh thời gian lấy mẫu để đảm bảo không xảy ra trạng thái bão hòa.

6.3.4 Thẻ tích khí được lấy mẫu

Đối với việc lấy mẫu thụ động, không cần thiết phải đo trực tiếp thẻ tích khí được lấy mẫu. Trong trường hợp này phải sử dụng hệ số hiệu chuẩn, tính bằng hoạt độ trên đơn vị thẻ tích.

7 Phương pháp phát hiện

Tùy thuộc vào cảm biến được sử dụng mà việc phát hiện được thực hiện bằng cách sử dụng detector vết hạt nhân trạng thái rắn (SSNTD), hiện tượng phóng điện của bề mặt bị phân cực trong một buồng ion hóa, phổ kế gamma hoặc đếm nhấp nháy lỏng như được mô tả trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

8 Đo

8.1 Quy trình

Quy trình đo cho mỗi phương pháp đo được nêu trong các Phụ lục A, Phụ lục B và Phụ lục C tương ứng.

8.2 Đại lượng ảnh hưởng

Các đại lượng khác nhau có thể dẫn tới phép đo bị sai lệch và cho ra kết quả không mang tính đại diện. Tùy thuộc vào phương pháp đo và việc kiểm soát các đại lượng ảnh hưởng thông thường như

TCVN 10759-4:2016

được nêu trong IEC 61577-1 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), các đại lượng ảnh hưởng có tầm quan trọng riêng cho mỗi phương pháp đo được mô tả trong tiêu chuẩn này được nêu tại các Phụ lục A, Phụ lục B và Phụ lục C tương ứng.

Các khuyến nghị của nhà sản xuất trong bản hướng dẫn vận hành thiết bị đo phải được tuân theo.

8.3 Hiệu chuẩn

Bộ đo (cảm biến và hệ thống phát hiện) phải được hiệu chuẩn như quy định trong TCVN 10759-1 (ISO 11665-1). Các yêu cầu bổ sung cho thiết bị sử dụng trong các phương pháp cụ thể được nêu trong các Phụ lục liên quan (xem các Phụ lục A, Phụ lục B và Phụ lục C).

Mối quan hệ giữa đại lượng vật lý ghi được bởi cảm biến (số vết, lượng điện tích, số đếm và biên độ xung, v.v...) và nồng độ hoạt độ của radon trong không khí được thiết lập dựa trên phép đo không khí mẫu khí chuẩn có chứa radon-222. Nồng độ hoạt độ radon-222 trong mẫu chuẩn phải được truy nguyên về tiêu chuẩn khí radon-222 tiêu chuẩn gốc.

Bên cạnh việc hiệu chuẩn, cần phải quan tâm tới việc thử nghiệm thường xuyên để bảo đảm phép đo luôn phù hợp cho mục đích sử dụng. Các phép thử nghiệm bao gồm thử nghiệm mù nội bộ, thử nghiệm thành thạo ngoài, đánh giá hợp chuẩn hoặc so sánh liên phòng thử nghiệm.

9 Biểu thị kết quả

9.1 Nồng độ hoạt độ trung bình của radon

Nồng độ hoạt độ trung bình của radon được tính theo Công thức (1):

$$\bar{C} = (\mu - \mu_0) \cdot \omega \quad (1)$$

9.2 Độ không đảm bảo tiêu chuẩn

Theo TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), độ không đảm bảo tiêu chuẩn của \bar{C} phải được tính như trong Công thức (2):

$$u(\bar{C}) = \sqrt{\omega^2 \cdot [u^2(\mu) + u^2(\mu_0)] + \bar{C}^2 \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (2)$$

9.3 Ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện

Các giới hạn đặc trưng của đối tượng đo được tính theo ISO 11929. Ví dụ các phép tính độ không đảm bảo và giới hạn đặc trưng được mô tả chi tiết trong các Phụ lục A, Phụ lục B và Phụ lục C cho mỗi phương pháp đo tương ứng.

9.4 Giới hạn của khoảng tin cậy

Giới hạn dưới, $\bar{C}^<$ và giới hạn trên $\bar{C}^>$ của khoảng tin cậy được tính theo các Công thức (3) và Công thức (4) (xem ISO 11929):

$$\bar{C}^{\Delta} = \bar{C} - k_p \cdot u(\bar{C}); \quad p = \omega \cdot (1 - \gamma/2) \quad (3)$$

$$\bar{C}^{\nabla} = \bar{C} + k_q \cdot u(\bar{C}); \quad q = 1 - \omega \cdot \gamma/2 \quad (4)$$

Trong đó:

$\omega = \Phi[y/u(y)]$, Φ là hàm phân bố của phân bố thông thường được tiêu chuẩn hóa;

$\omega = 1$ có thể được xác lập nếu $\bar{C} \geq 4 \cdot u(\bar{C})$, trong trường hợp này:

$$\bar{C}^{\Delta \nabla} = \bar{C} \pm k_{1-\gamma/2} \cdot u(\bar{C})$$

$\gamma = 0,05$ với $k_{1-\gamma/2} = 1,96$ thường được chọn theo mặc định.

10 Báo cáo thử nghiệm

10.1 Báo cáo thử nghiệm phải tuân theo các quy định của TCVN ISO/IEC 17025 và phải bao gồm các thông tin sau:

- viện dẫn tiêu chuẩn này;
- phương pháp đo (tích hợp);
- nhận dạng loại cảm biến;
- nhận dạng mẫu;
- đặc điểm lấy mẫu (thụ động);
- các thời điểm của lấy mẫu: thời điểm bắt đầu và kết thúc (ngày và giờ);
- khoảng thời gian lấy mẫu;
- vị trí lấy mẫu;
- các đơn vị biểu thị kết quả;
- kết quả thử nghiệm, $\bar{C} \pm u(\bar{C})$ hoặc $\bar{C} \pm U$, với giá trị k liên đới.

10.2 Có thể đưa các thông tin bổ sung như:

- mục đích đo;
- xác suất α , β và $(1 - \gamma)$;
- ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện; tùy thuộc vào yêu cầu của khách hàng mà có các cách thể hiện kết quả:
 - nếu nồng độ hoạt độ trung bình của radon được so sánh với ngưỡng quyết định (xem ISO 11929) thì kết quả của phép đo cần phải thể hiện là $\leq \bar{C}^*$ nếu kết quả thấp hơn ngưỡng quyết định;

TCVN 10759-4:2016

- 2) nếu nồng độ hoạt độ trung bình của radon được so sánh với giới hạn phát hiện thì kết quả đo sẽ được thể hiện là $\leq \overline{C}^{\#}$ nếu kết quả thấp hơn giới hạn phát hiện. Nếu giới hạn phát hiện vượt quá giá trị hướng dẫn thì phải lập thành tài liệu về phương pháp đo không phù hợp cho mục đích của phép đo;
- d) tất cả các thông tin liên quan có thể ảnh hưởng đến kết quả, ví dụ như:
- 1) điều kiện thời tiết vào thời điểm lấy mẫu;
 - 2) điều kiện thông gió đối với việc đo trong nhà (hệ thống thông gió cơ khí, cửa và cửa sổ được mở hay đóng, v.v...).
- 10.3** Kết quả có thể được thể hiện theo mẫu tương tự như được chỉ ra trong TCVN 10759-1:2016 (ISO 11665-1:2012), Phụ lục C.

Phụ lục A

(Quy định)

Phương pháp đo sử dụng detector vết hạt nhân trạng thái rắn (SSNTD)**A.1 Khái quát**

Phụ lục này nêu phương pháp detector vết hạt nhân trạng thái rắn, một trong một số phương pháp đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn này.

Phụ lục này sử dụng các ký hiệu trong Điều 3 và các ký hiệu sau.

F_C hệ số hiệu chuẩn, tính bằng (vết trên centimet vuông) trên (bequerel giờ trên mét khối)

n số detector hạt nhân trạng thái rắn được sử dụng để xác định tạp nền

n_g số vết sau khi phơi nhiễm

\bar{n}_b số vết trung bình gây ra bởi tạp nền

S_{SSNTD} diện tích SSNTD để đếm số "vết", tính bằng centimet vuông.

A.2. Nguyên lý

Phương pháp đo tích hợp nồng độ hoạt độ radon trung bình có sử dụng SSNTD dựa trên các yếu tố sau:

- lấy mẫu thụ động và trong quá trình lấy mẫu, các hạt alpha, bao gồm cả các hạt sinh ra do sự phân rã radon và các sản phẩm phân rã sóng ngắn của nó, chuyển năng lượng của chúng bằng sự ion hóa hoặc kích thích các nguyên tử trong polyme; năng lượng này được truyền cho môi trường trung gian tạo nên các vùng bị tác động được gọi là "các vết ẩn";
- chuyển cảm biến bị phơi nhiễm tới phòng thử nghiệm để xử lý hóa chất hoặc điện hóa, ví dụ như để chuyển đổi "các vết ẩn" thành "các vết rõ hơn" được đếm bằng một hệ thống thích hợp; số "các vết" này trên một đơn vị diện tích bề mặt tỉ lệ với sự phơi nhiễm radon bằng hệ số hiệu chuẩn đã được xác định trước đó cho các cảm biến từ cùng một lô sản xuất SSNTD được xử lý hóa chất hoặc điện hóa, và được đếm trong cùng điều kiện.
- xác định nồng độ hoạt độ trung bình từ giá trị chiếu xạ radon, thời gian lấy mẫu và xem xét đến tạp nền.

A.3 Thiết bị

Thiết bị bao gồm:

- một cảm biến dạng detector vết hạt nhân trạng thái rắn (SSNTD) được sử dụng độc lập hoặc với buồng tích lũy làm từ vật liệu dẻo dẫn điện với thể tích phát hiện đã được biết.

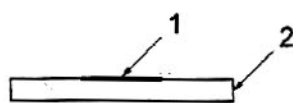
- b) dụng cụ và chất thử hóa học thích hợp để khắc lên cảm biến;
- c) dụng cụ thích hợp cho việc quét và đếm "các vết".

SSNTD được làm từ một chất polime nhạy với hạt alpha.

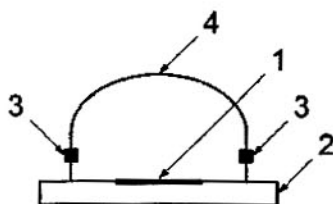
Cảm biến phải được gắn trên một giá đỡ để có thể sử dụng trong cấu hình mở hoặc kín (xem Hình A.1).

Trong cấu hình mở, cảm biến có thể ghi nhận đồng thời sự phát alpha của radon và sản phẩm phân rã của radon gắn với detector và bất cứ nguồn phát alpha nào khác có trong không khí được phân tích, trong dải năng lượng do nhà sản xuất xác định. Cần phải biết hệ số cân bằng, cùng với các yếu tố khác, để khai thác các kết quả thu được với cảm biến này. Nếu thông số này không được đo thì giá trị thường được sử dụng trong nhà là 0,4^[3].

Trong cấu hình kín, cảm biến có một buồng được sử dụng như thể tích phát hiện. Cấu hình này được sử dụng để khắc phục ảnh hưởng của sản phẩm phân rã radon trạng thái rắn và ảnh hưởng của bất kỳ nhân phóng xạ phát alpha trạng thái rắn nào khác có trong không khí được phân tích. Điều này đạt được nhờ một cái lọc giữa môi trường ngoài và buồng tích lũy nhằm ngăn sản phẩm phân rã radon trạng thái rắn hoặc bất kỳ nhân phóng xạ phát alpha trạng thái rắn nào khác đi qua. Trong trường hợp này, không nhất thiết phải biết hệ số cân bằng.



a) Cấu hình mở



b) Cấu hình kín

Chú giải

- 1 SSNTD
- 2 giá đỡ
- 3 cái lọc
- 4 buồng tích tụ

Hình A.1 – Detector vết hạt nhân trạng thái rắn ở cấu hình mở và cấu hình kín

A.4 Lấy mẫu

Việc lấy mẫu khí là thụ động.

Việc lấy mẫu khí và tạo ra "vết ấn" trên cảm biến được tiến hành đồng thời.

Việc lắp đặt cảm biến được thực hiện theo 6.3.2 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Khi cảm biến không ở chế độ đo, nó thường được đặt trong bao bì kín để ngăn chặn sự xâm nhập của radon và sản phẩm phân rã radon. Cảm biến bắt đầu đo khi nó được lấy ra khỏi bao bì này tại nơi lắp đặt. Chế độ đo dừng khi cảm biến được lấy khỏi nơi lắp đặt và ngay lập tức đưa trở về bao bì đóng kín.

Thời điểm lắp đặt và tháo cảm biến phải được ghi lại (ngày và giờ).

Thời gian lấy mẫu phải theo quy định tại 6.3.3.

Thời gian lấy mẫu phải được hiệu chỉnh theo mức dự đoán của nồng độ hoạt độ radon. Nếu dự đoán nồng độ hoạt độ ở mức rất cao thì thời gian lấy mẫu phải giảm xuống để tránh tình trạng bão hòa SSNTD. Ngược lại, nếu dự đoán nồng độ hoạt độ ở mức rất thấp thì thời gian lấy mẫu phải kéo dài để tạo ra biến số vật lý đáng kể.

A.5 Phép đo

A.5.1 Quy trình

Phép đo được thực hiện như sau:

- a) Lựa chọn và xác định địa điểm đo.
- b) Lắp đặt cảm biến.
- c) Ghi lại địa điểm và thời điểm (ngày và giờ) lắp đặt cảm biến.
- d) Tiến hành lấy mẫu không khí đại diện cho không khí đang được điều tra.
- e) Tháo cảm biến.
- f) Ghi lại thời điểm (ngày và giờ) tháo cảm biến.
- g) Gửi cảm biến tới phòng thử nghiệm trong vòng vài ngày kể từ khi kết thúc giai đoạn phơi nhiễm. Cảm biến phải được xử lý càng sớm càng tốt ngoại trừ trong trường hợp phương pháp lưu giữ được chứng nhận thì cảm biến có thể được xử lý muộn hơn.
- h) Tháo SSNTD khỏi buồng tích lũy nếu cần thiết.
- i) Hiển thị kết quả bằng cách tạo vết bằng xử lý hóa học hoặc điện hóa. "Các vết ấn" gây ra bởi hạt alpha sinh ra từ sự phân rã radon và các sản phẩm phân rã sống ngắn của radon được chuyển thành các "vết rõ hơn".
- j) Quét cảm biến và đếm số "vết rõ hơn".

TCVN 10759-4:2016

- k) Xác định tạp nền của cảm biến bằng cách sử dụng một số lượng đáng kể về mặt thống kê các cảm biến được lựa chọn ngẫu nhiên từ cùng một lô sản xuất. Tránh dựa vào dữ liệu đo nhà sản xuất cung cấp do dữ liệu đó không bao gồm sự phơi nhiễm radon tình cờ trong quá trình lưu giữ và chuyển đến phòng thử nghiệm để xử lý. Các cảm biến từ cùng một lô SSNTD phải được cho hiển thị kết quả và được đếm như mô tả ở các bước từ i) đến j). Số cảm biến được sử dụng phải đủ để xác định n_b . Điển hình, cần có ít nhất 10 cảm biến hoặc 1 % tổng số cảm biến có sẵn trong một lô sản xuất, phụ thuộc vào độ đồng nhất của tạp nền của các cảm biến trong mỗi lô.
- l) Xác định nồng độ hoạt độ trung bình bằng tính toán.

A.5.2 Đại lượng ảnh hưởng

Ngoài các đại lượng ảnh hưởng được nêu trong IEC 61557-1 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), cần phải tính tới các đại lượng sau:

- a) Phơi nhiễm trực tiếp một cảm biến trong một cấu hình mờ: trong môi trường trong nhà có nồng độ sol khí cao đáng kể (bếp, phòng tắm, hầm chứa, v.v...), sự phơi nhiễm này có thể gây ô nhiễm bề mặt cảm biến và do đó có khả năng làm sai lệch kết quả. Trong những môi trường dạng này cần phải sử dụng các buồng kín.
- b) Hệ số cân bằng: trong một cấu hình mờ, nồng độ hoạt độ của sản phẩm phân rã radon phải được tính tới, cũng như sự thay đổi trong hệ số cân bằng^[9]. Hoặc là phải đo hệ số cân bằng hoặc phải sử dụng cảm biến với cấu hình kín.
- c) Tác động lão hóa của SSNTD: để tránh tác động lão hóa, cảm biến phải được sử dụng trước ngày hết hạn do nhà sản xuất quy định.

A.5.3 Hiệu chuẩn

Nếu nhà sản xuất không cung cấp hệ số hiệu chuẩn thì mỗi lô cảm biến phải được hiệu chuẩn ngay khi nhận về.

Đối với mỗi lô cảm biến, việc hiệu chuẩn được thực hiện bằng cách cho một số lượng đáng kể về mặt thống kê các cảm biến, điển hình ít nhất 10 cảm biến được lựa chọn ngẫu nhiên từ một lô sản xuất, nhận chiếu xạ trong một không khí quy chiếu và áp dụng việc xử lý hóa chất hoặc điện hóa và đếm vết như đối với các mẫu của phép đo. Tránh dựa vào dữ liệu do nhà sản xuất cung cấp trừ khi đã xác nhận rằng phương pháp xử lý giống với phương pháp của nhà sản xuất. Số các cảm biến được sử dụng phải đủ để xác định F_C . Điển hình, cần phải có ít nhất 10 cảm biến hoặc 1 % tổng số cảm biến có sẵn trong một lô sản xuất, phụ thuộc vào độ đồng nhất của của kết quả hiệu chuẩn các cảm biến trong mỗi lô. Kết quả là hệ số hiệu chuẩn. Nó là tỷ lệ giữa mật độ vết (số vết/cm²) và mức độ phơi nhiễm trước nồng độ hoạt độ radon trong một không khí quy chiếu (Bq.h/m³). Hệ số hiệu chuẩn được biểu thị bằng (số vết trên centimet vuông) trên (becquerel giờ trên met khối) [(số vết/cm²) trên (Bq.h/m³)].

Cùng lúc với việc hiệu chuẩn, phải đo độ tạp nền trên 10 cảm biến từ mỗi lô.

Đối với cảm biến với cấu hình mở, hệ số hiệu chuẩn F_C phải tính tới giá trị hệ số cân bằng của môi trường khí chuẩn. Kết quả có thể thấp đáng kể do thiếu sự bảo vệ cảm biến trong môi trường rất ẩm hoặc môi trường có sol khí. Các ấn phẩm xuất bản đã cho chỉ dẫn hệ số chuyển đổi từ 0,0005 vết/cm² trên Bq.h/m³ lên đến 0,004 vết/cm² trên Bq.h/m³ phụ thuộc vào loại cảm biến^[9].

A.6 Biểu thị kết quả

A.6.1 Nồng độ hoạt độ trung bình của radon

Nồng độ hoạt độ trung bình của radon thu được từ Công thức (1). Từ đây suy ra Công thức (A.1):

$$\bar{C} = (n_g - \bar{n}_b) \cdot \frac{1}{t \cdot S_{SSNTD} \cdot F_C} = (n_g - \bar{n}_b) \cdot \omega \quad \text{với } \omega = \frac{1}{t \cdot S_{SSNTD} \cdot F_C} \quad (\text{A.1})$$

Để có giá trị chính xác nhất, \bar{n}_b được xác định bằng thực nghiệm bằng cách đọc n cảm biến không bị phơi nhiễm radon và đã được xử lý trong cùng điều kiện hóa lý và điều kiện đếm. Giá trị \bar{n}_b có thể do nhà sản xuất cung cấp.

A.6.2 Độ không đảm bảo tiêu chuẩn

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của \bar{C} thu được từ Công thức (2). Từ đây suy ra (A.2):

$$u(\bar{C}) = \sqrt{\left(n_g + \frac{\bar{n}_b}{n}\right) \cdot \omega^2 + \bar{C}^2 \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (\text{A.2})$$

với

$$u_{rel}^2(\omega) = u_{rel}^2(F_C) + u_{rel}^2(S_{SSNTD})$$

Độ không đảm bảo của thời gian lấy mẫu được coi như không đáng kể.

Việc tính các giới hạn đặc trưng (xem ISO 11929) đòi hỏi việc tính $\tilde{u}(\tilde{C})$, tức là độ không đảm bảo tiêu chuẩn của \bar{C} như là hàm của giá trị thực của nó, được tính theo Công thức (A.3):

$$\tilde{u}(\tilde{C}) = \sqrt{\left[\frac{\tilde{C}}{\omega} + \bar{n}_b \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right)\right] \cdot \omega^2 + \tilde{C}^2 \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (\text{A.3})$$

A.6.3 Ngưỡng quyết định

Ngưỡng quyết định, \bar{C}^* , thu được từ Công thức (A.3) với $\tilde{C} = 0$ (xem ISO 11929).

Từ đây suy ra Công thức (A.4):

$$\bar{C}^* = k_{1-\alpha} \cdot \tilde{u}(0) = k_{1-\alpha} \cdot \omega \cdot \sqrt{\bar{n}_b \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right)} \quad (\text{A.4})$$

$\alpha = 0,05$ với $k_{1-\alpha} = 1,65$ thường được chọn theo mặc định.

A.6.4 Giới hạn phát hiện

Giới hạn phát hiện, $\bar{C}^{\#}$, được tính như trong Công thức (A.5) (xem ISO 11929):

$$\bar{C}^{\#} = \bar{C}^* + k_{1-\beta} \cdot u(\bar{C}^{\#}) = \bar{C}^* + k_{1-\beta} \cdot \sqrt{\left[\frac{\bar{C}^{\#}}{\omega} + \bar{n}_b \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right) \right] \cdot \omega^2 + \bar{C}^{\#2} \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (\text{A.5})$$

Giới hạn phát hiện có thể được tính bằng cách giải Công thức (A.5) để tìm $\bar{C}^{\#}$ hoặc, đơn giản hơn, bằng cách lặp lại với việc lấy xấp xỉ ban đầu $\bar{C}^{\#} = 2 \cdot \bar{C}^*$ cho vế phải của Công thức (A.5).

Thu được $\bar{C}^{\#}$ với $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = k$:

$$\bar{C}^{\#} = \frac{2 \cdot \bar{C}^* + k^2 \cdot \omega}{1 - k^2 \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (\text{A.6})$$

Giá trị $\alpha = \beta = 0,05$ và do đó $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1,65$ thường được chọn mặc định.

A.6.5 Ví dụ

Số vết cho một cảm biến với cấu hình kín được phơi nhiễm trong 90 ngày ($t = 2160$ h) là $n_x = 800$ vết.

Số vết, được xác định trên 10 cảm biến không phơi nhiễm từ cùng một lô, gây ra bởi tạp nền trong 90 ngày, là $\bar{n}_b = 30$ vết.

Việc xác định n_x và \bar{n}_b được thực hiện trên cùng một diện tích: $S_{SSNTD} = 1 \pm 0,1$ cm².

Hệ số hiệu chuẩn là $F_C = (8 \pm 0,8) \times 10^{-4}$ vết/cm² trên Bq.h/m³.

Nồng độ hoạt độ trung bình của radon, tính theo Công thức (A.1), là:

$$\bar{C} = 446 \text{ Bq/m}^3$$

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của nồng độ hoạt độ trung bình của radon, được tính theo Công thức (A.2), là:

$$u(\bar{C}) = 65 \text{ Bq/m}^3$$

Do đó, nồng độ hoạt độ trung bình của radon là:

$$\bar{C} = (446 \pm 65) \text{ Bq/m}^3$$

Ngưỡng quyết định, \bar{C}^* , thu được từ Công thức (A.4), là:

$$\bar{C}^* = 5 \text{ Bq/m}^3$$

Giới hạn phát hiện, $\bar{C}^{\#}$, được tính theo Công thức (A.6), là:

$$\bar{C}^{\#} = 13 \text{ Bq/m}^3$$

Phụ lục B

(Quy định)

Phương pháp đo sử dụng detector electret**B.1 Khái quát**

Phụ lục này nêu phương pháp detector electret, một trong một số các phương pháp đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn này.

Phụ lục này sử dụng các ký hiệu trong Điều 3 và các ký hiệu sau.

U_i điện áp electret ban đầu, tính bằng vôn

U_f điện áp electret cuối cùng, tính bằng vôn

B_G phần đóng góp của bức xạ gamma môi trường, tính bằng becquerel trên mét khối

F_C hệ số hiệu chuẩn, tính bằng (vôn trên giờ) trên (becquerel trên mét khối)

b thông số electret do nhà sản xuất cung cấp, tính bằng (vôn trên giờ) trên (becquerel trên mét khối)

d thông số electret do nhà sản xuất cung cấp, tính bằng (giờ) trên (becquerel trên mét khối)

f_{cor} hệ số hiệu chỉnh cho bức xạ gamma do nhà sản xuất cung cấp, tính bằng (becquerel trên mét khối) trên (nanogray trên giờ)

D suất liều trung bình do bức xạ gamma môi trường trong suốt giai đoạn phơi nhiễm, tính bằng nanogray trên giờ

B.2 Nguyên lý

Phép đo tích hợp nồng độ hoạt độ trung bình của radon có sử dụng detector electret dựa trên các yếu tố sau:

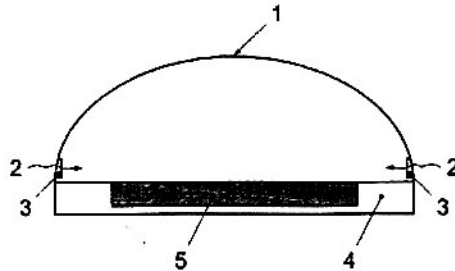
- Lấy mẫu thụ động và trong quá trình lấy mẫu, radon và các sản phẩm phân rã của nó hình thành trong buồng tích lũy làm ion hóa không khí. Electret được tích điện dương và một trường tĩnh điện được tạo ra giữa bề mặt electret và các thành buồng tích lũy. Electret vừa là anốt của trường tĩnh điện, vừa là điện cực góp. Electron sinh ra bởi sự ion hóa không khí sẽ kết hợp với điện tích dương của electret. Điều này dẫn tới việc làm giảm từ từ điện áp của nó.
- Đo điện áp electret trước và sau khi phơi nhiễm trong không khí đang được điều tra bằng một chiếc vôn kế đặc thù cho thiết bị.
- Đo suất liều trung bình tạo ra bởi bức xạ gamma từ môi trường xung quanh (vũ trụ và đất) tại nơi lấy mẫu. Bức xạ gamma môi trường đóng góp vào sự phóng điện của detector electret.

d) Xác định nồng độ hoạt độ trung bình từ việc hạ điện áp, thời gian lấy mẫu và xem xét đến suất liều trung bình.

B.3 Thiết bị

Bộ thiết bị bao gồm:

- a) một dụng cụ đo, bao gồm một đĩa điện môi làm bằng polytetrafloroetylen (PTFE) hoặc etylen propylen được flo hóa (FEP), được biết đến như là một electret và một buồng tích lũy tháo rời được với một thẻ tích phát hiện đã biết (xem Hình B.1)⁽¹⁰⁾; buồng tích lũy được làm từ chất dẻo dẫn điện và có các cái lọc;
- b) một vôn kế để đo điện áp electret ngay trước và ngay sau khi phơi nhiễm trong không khí được điều tra;
- c) một liều kế để đo suất liều trung bình tại nơi lấy mẫu.



CHÚ DẪN

- 1 buồng tích lũy
- 2 điểm vào của radon
- 3 cái lọc
- 4 giá đỡ cách điện
- 5 detector electret

Hình B.1 – Cấu hình của một dụng cụ đo sử dụng detector electret

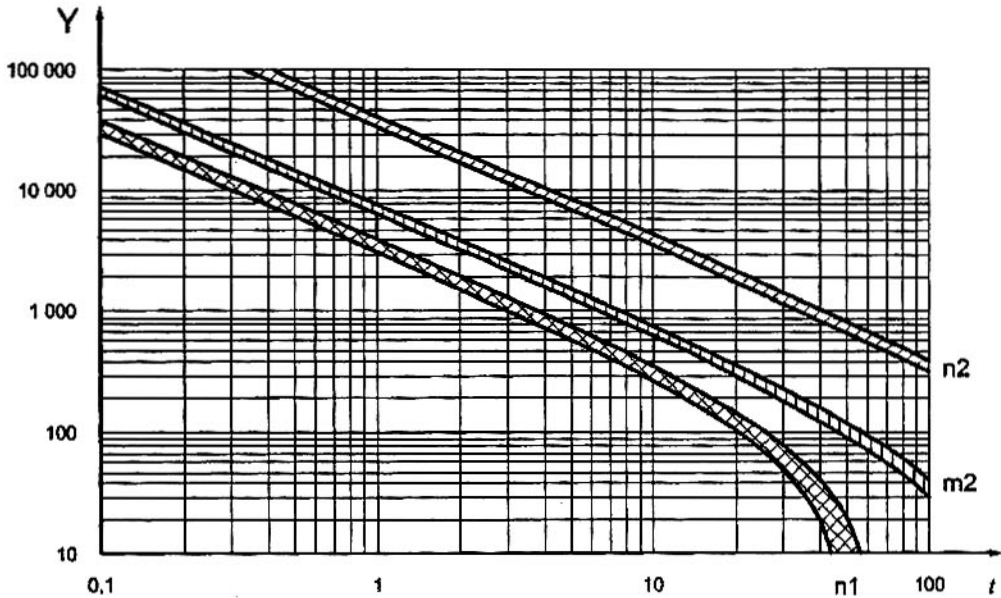
Có vài loại detector electret và buồng (xem Bảng B.1). Detector electret được nhà sản xuất nạp điện dương tại nhà máy đến điện áp khoảng vài trăm vôn (750 V). Nó có thể được sử dụng vài lần cho đến khi đạt được giá trị giới hạn điện áp của nó (200 V), khi mà trường điện sinh ra quá thấp để có thể thu thập ion một cách hiệu quả. Giá trị giới hạn điện áp do nhà sản xuất đưa ra.

Bảng B.1 – Ví dụ về các loại buồng tích lũy và detector electret

Buồng tích lũy		Detector electret	
Loại	Dung tích ml	Loại	Độ nhạy
n	50	1	cao
m	210	2	thấp

Có thể có vài sự kết hợp.

Ví dụ về ba cách kết hợp được nêu trong Hình B.2. Cho mỗi cách kết hợp, chữ cái (n hoặc m) chỉ loại buồng tích lũy và số (1 hoặc 2) chỉ loại detector electret (xem Bảng B.1). Bức xạ gamma môi trường bằng 100 nGy/h và mức hạ điện áp 30 V được xem xét trong ví dụ này. Các giới hạn trên và dưới của mỗi trường phản ứng liên quan tương ứng với detector electret có điện áp cao nhất (được dùng từ 750 V đến 720 V) và detector electret vào thời điểm sống cuối cùng (được dùng từ 230 V đến 200 V)



CHÚ DẪN

- 1 thời gian, tính bằng ngày
- 2 nồng độ hoạt độ radon, tính bằng bequerel trên mét khối (Bq/m^3)

Hình B.2 – Nồng độ hoạt độ radon được đo trong một thời gian lấy mẫu xác định cho mức hạ điện áp electret là 30 V (dự đoán sự đóng góp của bức xạ gamma môi trường là 100 nGy/h) – Ví dụ cho ba cách kết hợp n1, m2 và n2.

Từ biểu đồ này có thể trích ra vài ví dụ. Do đó, với nồng độ hoạt độ trung bình $200 Bq/m^3$ và suất liều môi trường 100 nGy/h, thời gian lấy mẫu cho cách kết hợp n1 (xem Bảng B.1) cần để tạo ra mức hạ điện áp 30 V trong điện thế electret là 12 ngày (xem Bảng B.2).

B.4 Lấy mẫu

Việc lấy mẫu là thụ động.

Trong thời gian lấy mẫu (giai đoạn phơi nhiễm), radon lọt vào buồng tích lũy bởi sự khuếch tán qua các cái lọc được lắp để ngăn các sol khí trong không khí trong thời gian lấy mẫu, đặc biệt là sản phẩm phân rã radon, đi vào buồng.

Việc lắp đặt thiết bị đo được tiến hành theo quy định tại 6.3.2 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Thời điểm lắp đặt và tháo thiết bị đo phải được ghi lại (ngày và giờ).

Thời gian lấy mẫu phải phù hợp với 6.3.3 và phải được điều chỉnh theo mức phóng xạ dự đoán và sự kết hợp electret với buồng (xem Bảng B.2). Các đồ thị thể hiện mối liên hệ nồng độ hoạt độ trung bình của radon và thời gian lấy mẫu cũng như loại detector electret và buồng tích lũy (xem Hình B.2).

Bảng B.2 – Ví dụ về thời gian lấy mẫu, tính bằng giờ, cho các cách kết hợp khác nhau (buồng tích lũy/detector electret) và mức hạ điện áp 30 V

Nồng độ hoạt độ trung bình của radon Bq/m ³	Thời gian lấy mẫu cho cách kết hợp		
	n1	m2	n2
200	288	672	> 2400
400	168	360	2040
1000	72	156	840

Để đánh giá chiếu xạ lên người thì nên sử dụng cách kết hợp n2. Tuy nhiên, cách kết hợp n1 được ưu tiên hơn cho việc xác định nhanh nồng độ hoạt độ trung bình của radon.

Biểu đồ trong Hình B.2 có thể được sử dụng cho mức hạ điện áp electret lớn hơn 30 V. Khi sử dụng biểu đồ, cần phải hiểu rõ các điều sau:

- Đối với nồng độ hoạt độ trung bình của radon cố định, mức hạ điện áp electret tỷ lệ với thời gian lấy mẫu;
- Đối với thời gian lấy mẫu cố định, mức hạ điện áp electret tỷ lệ với nồng độ hoạt độ trung bình của radon.

B.5 Phép đo

B.5.1 Quy trình

Phép đo tích hợp nồng độ hoạt độ trung bình của radon dự đoán sử dụng detector electret được thực hiện như sau.

- Lựa chọn và xác định địa điểm đo.
- Lựa chọn cách kết hợp buồng electret bằng cách sử dụng đồ thị do nhà sản xuất đưa ra (xem Hình B.2). Với thời gian lấy mẫu xác định, cần phải tính tới các yếu tố sau khi chọn cách kết hợp electret-buồng:
 - nồng độ hoạt độ trung bình của radon dự đoán;
 - điện thế dư của electret;
 - đặc điểm của bề mặt electret;
 - dung tích của buồng tích lũy đi kèm.
- Đo và ghi lại điện áp electret ban đầu trước khi phơi nhiễm.

- d) Lắp ráp buồng tích lũy với electret.
- e) Lắp đặt thiết bị đo.
- f) Đo và ghi lại suất liều gama môi trường tại địa điểm lấy mẫu.
- g) Ghi lại địa điểm và thời điểm (ngày và giờ) lắp đặt thiết bị đo.
- h) Tiến hành lấy mẫu không khí đại diện cho không khí đang được điều tra.
- i) Tháo rời buồng tích lũy và electret.
- j) Đo và ghi lại điện áp electret cuối ngay sau khi kết thúc phơi nhiễm.
- k) Đo và ghi lại suất liều gamma môi trường tại địa điểm lấy mẫu khi kết thúc giai đoạn đo.
- l) Ghi lại thời điểm (ngày và giờ) lấy thiết bị đo đi.
- m) Xác định nồng độ hoạt độ trung bình bằng phép tính.

B.5.2 Đại lượng ảnh hưởng

Ngoài các đại lượng ảnh hưởng được nêu trong IEC 61557-1 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), cần phải tính tới các đại lượng sau:

- a) Nhiệt độ: điện áp electret phải được đo trước và sau khi phơi nhiễm trong không khí được điều tra tại cùng điều kiện nhiệt độ. Bề mặt electret có khuynh hướng trở nên lồi hoặc lõm khi có sự thay đổi nhiệt độ đáng kể. Do đó, nó có thể khác với cảm biến điện kế khi đọc điện áp. Sự thay đổi đáng kể về nhiệt độ điện kế ảnh hưởng đến giá trị của điện áp electret.
- b) Bụi trên bề mặt electret: kiểm tra sau khi đo, và trước khi đo nếu sử dụng lại electret.
- c) Bảo tồn đại lượng vật lý thu thập được sau khi kết thúc việc lấy mẫu: điện áp phải được đo ngay sau khi kết thúc giai đoạn phơi nhiễm.
- d) Bức xạ gamma môi trường đóng góp vào sự phóng điện detector electret. Do vậy, cần phải đo suất liều tại nơi lấy mẫu ít nhất hai lần, một lần lúc bắt đầu và một lần lúc kết thúc giai đoạn đo;
- e) Điều kiện lưu giữ điện kế: điện kế phải luôn được lưu giữ trong khu vực có không khí khô (một chất hút ẩm để duy trì độ ẩm) để bảo đảm rằng nó chỉ giá trị điện áp chấp nhận được.
- f) Ảnh hưởng của sốc vật lý đối với detector electret được biết rõ và có thể gây ra nguồn sai số không xác định. Do vậy, cần phải quan tâm để tránh sốc trong quá trình đo.

Các khuyến nghị của nhà sản xuất trong hướng dẫn vận hành phải được tuân theo.

B.5.3 Hiệu chuẩn

Việc hiệu chuẩn được thực hiện bằng cách cho vài thiết bị đo (electret và buồng tích lũy) phơi nhiễm trong một môi trường không khí radon chuẩn. Điện áp electret phải được đo bằng một điện kế đặc biệt trước và sau khi phơi nhiễm tới môi trường không khí quy chiếu.

Suất liều bức xạ gamma phải được đo đồng thời.

Chênh lệch điện thế được xác định theo đó có liên quan với nồng độ hoạt độ chuẩn.

Kết quả thu được là giá trị hệ số hiệu chuẩn phụ thuộc vào detector electret. Hệ số hiệu chuẩn này do nhà sản xuất cung cấp.

Đáp ứng điện kế phải được kiểm tra định kỳ thường xuyên với các electret chuẩn.

Hệ số hiệu chỉnh của bức xạ gamma phải được xác định bằng cách cho vài thiết bị đo (electret và buồng tích lũy) phơi nhiễm trong môi trường có suất liều bức xạ gamma chuẩn.

B.6 Biểu thị kết quả

B.6.1 Nồng độ hoạt độ trung bình của radon

Nồng độ hoạt độ trung bình của radon được tính theo Công thức (B.1):

$$\bar{C} = \frac{U_i - U_f}{F_C \cdot t} - B_G \quad (\text{B.1})$$

Hệ số hiệu chuẩn, F_C , là hàm của điện áp electret đầu tiên và cuối cùng.

CHÚ THÍCH: Biểu thị F_C phụ thuộc vào loại detector electret được sử dụng.

Sự đóng góp bởi bức xạ gamma môi trường, tính bằng radon tương đương, B_G , được tính theo Công thức (B.2):

$$B_G = f_{cor} \cdot D \quad (\text{B.2})$$

B.6.2 Độ không đảm bảo tiêu chuẩn

Theo TCVN ISO/IEC Guide 98-3, độ không đảm bảo tiêu chuẩn \bar{C} phải được tính theo Công thức (B.3):

$$u(\bar{C}) = \sqrt{2 \cdot \frac{1}{(F_C \cdot t)^2} \cdot u^2(U_i) + u^2(B_G) + (\bar{C} + B_G)^2 \cdot u_{rel}^2(F_C)} \quad (\text{B.3})$$

Trong đó độ không đảm bảo của thời gian lấy mẫu t được coi như không đáng kể.

$$u^2(B_G) = f_{cor}^2 \cdot u^2(\dot{D}) + \dot{D}^2 \cdot u^2(f_{cor})$$

Trong đó các độ không đảm bảo của hệ số hiệu chỉnh f_{cor} và suất liều trung bình \dot{D} do nhà sản xuất cung cấp.

Điện kế đọc điện áp electret trong phạm vi 1 V và $u^2(U_i) = u^2(U_f) = 1/12$.

B.6.3 Ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện

Giới hạn đặc trưng gắn với \bar{C} phải được tính theo ISO 11929. Ví dụ phép tính ngưỡng quyết định và giới hạn phát hiện được nêu chi tiết trong B.6.4 cho một loại detector electret cụ thể.

B.6.4 Ví dụ

Điều này nêu ví dụ phép đo được thực hiện với electret có độ nhạy cao có buồng tích lũy 50 mL.

Hệ số hiệu chuẩn được tính theo Công thức (B.4):

$$F_C = b + d \cdot \left(\frac{U_i + U_f}{2} \right) \quad (\text{B.4})$$

trong đó các hằng số b và d do nhà sản xuất cung cấp là:

$$b = 2,94 \times 10^{-4} \text{ V/h trên Bq/m}^3$$

$$d = 1,54 \times 10^{-7} \text{ h}^{-1} \text{ trên Bq/m}^3$$

Độ không đảm bảo tương đối của hệ số hiệu chuẩn F_C do nhà sản xuất cung cấp là:

$$u_{rel}^2(F_C) = (0,06)^2$$

Thông số buồng là $f_{cor} = 0,594374 \text{ Bq/m}^3/\text{nGy/h}$.

Độ không đảm bảo tương đối của thông số buồng f_{cor} do nhà sản xuất cung cấp là:

$$u_{rel}^2(f_{cor}) = 9 \times 10^{-4}$$

Điện áp electret ban đầu là $U_i = 530 \text{ V}$

Điện áp electret cuối cùng sau khi phơi nhiễm là $U_f = 500 \text{ V}$

Thời gian lấy mẫu là $t = 336 \text{ h}$.

Suất liều trung bình trong suốt thời gian phơi nhiễm là $\dot{D} = 100 \text{ nGy/h}$.

Do vậy, nồng độ hoạt độ radon trung bình, được tính theo Công thức (B.1), là:

$$\bar{C} = 180 \text{ Bq/m}^3$$

Thiết bị đo suất liều chỉ suất liều với độ không đảm bảo 5 %.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của nồng độ hoạt độ radon trung bình được tính theo Công thức (B.3):

$$u(\bar{C}) = 15 \text{ Bq/m}^3$$

Do vậy, nồng độ hoạt độ radon trung bình là:

$$\bar{C} = (180 \pm 15) \text{ Bq/m}^3$$

Phép tính các giới hạn đặc trưng (xem ISO 11929) đòi hỏi phép tính $\tilde{u}(\tilde{C})$, tức là độ không đảm bảo tiêu chuẩn của \bar{C} như là hàm của giá trị thực của nó, được tính theo Công thức (B.5):

$$\tilde{u}(\tilde{C}) = \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \left[\frac{1 + d \cdot \frac{t}{2} \cdot (\tilde{C} + B_G)}{t \cdot (b + d \cdot U_i)} \right]^2 + u^2(B_G) + (\tilde{C} + B_G)^2 \cdot u_{rel}^2(F_C)} \tag{B.5}$$

Ngưỡng quyết định, \bar{C}^* , thu được từ Công thức (B.5) với $\tilde{C} = 0$ (xem ISO 11929).

Từ đây suy ra Công thức (B.6):

$$\bar{C}^* = k_{1-\alpha} \cdot \tilde{u}(0) = k_{1-\alpha} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \left[\frac{1 + d \cdot \frac{t}{2} \cdot B_G}{t \cdot (b + d \cdot U_i)} \right]^2 + u^2(B_G) + B_G^2 \cdot u_{rel}^2(F_C)} \tag{B.6}$$

$\alpha = 0,05$ với $k_{1-\alpha} = 1,65$ thường được chọn theo mặc định.

$$\bar{C}^* = k_{1-\alpha} \cdot \tilde{u}(0) = 10 \text{ Bq/m}^3$$

Giới hạn phát hiện, $\bar{C}^\#$, được tính như trong Công thức (B.7) (xem ISO 11929):

$$\bar{C}^\# = \bar{C}^* + k_{1-\beta} \cdot \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \left[\frac{1 + d \cdot \frac{t}{2} \cdot (\bar{C}^\# + B_G)}{t \cdot (b + d \cdot U_i)} \right]^2 + u^2(B_G) + (\bar{C}^\# + B_G)^2 \cdot u_{rel}^2(F_C)}$$

$\beta = 0,05$ với $k_{1-\beta} = 1,65$ thường được chọn theo mặc định.

Giới hạn phát hiện có thể được tính bằng cách giải Công thức B.7 để tìm $\bar{C}^\#$ hoặc, đơn giản hơn, bằng cách lặp lại với việc lấy xấp xỉ ban đầu $\bar{C}^\# = 2 \cdot \bar{C}^*$ cho vế phải của Công thức (B.7).

Thu được $\bar{C}^\#$ với $k_{1-\beta} = k_{1-\alpha} = k$:

$$\bar{C}^\# = \frac{2 \cdot \bar{C}^* + k^2 \cdot \varepsilon_1}{1 - k^2 \cdot \varepsilon_2} \tag{B.8}$$

với

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{6} \cdot \left[\frac{d^2 \cdot \frac{t}{2} \cdot B_G + d}{t \cdot (b + d \cdot U_i)^2} \right] + 2 \cdot B_G \cdot u_{rel}^2(F_C) \tag{B.9}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{6} \cdot \left[\frac{d^2 \cdot \frac{t}{2}}{b + d \cdot U_i} \right]^2 + u_{rel}^2(F_C) \quad (\text{B.10})$$

$$\bar{C}^{\#} = 20 \text{ Bq/m}^3$$

Phụ lục C

(Quy định)

Phương pháp đo sử dụng than hoạt tính**C.1 Khái quát**

Phụ lục này nêu phương pháp than hoạt tính, một trong một số phương pháp đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn này.

Phụ lục này sử dụng các ký hiệu trong Điều 3 và các ký hiệu sau.

F_C	hệ số hiệu chuẩn, tính bằng (trên giây) trên (bequerel trên mét khối)
f_d	hệ số hiệu chỉnh cho phân rã phóng xạ trong suốt thời gian đếm và trong suốt thời gian giữa thời điểm chuẩn ($t = 0$) và thời điểm đo.
f_H	hệ số hiệu chỉnh cho độ ẩm, không có thứ nguyên
f_S	hệ số hiệu chỉnh cho sự khác biệt giữa giai đoạn lấy mẫu và giai đoạn phơi nhiễm hiệu chuẩn tham chiếu, không có thứ nguyên
n_b, n_{b0}	số đếm trong phòng nền của đỉnh, tương ứng trong phổ của mẫu và phổ của phòng nền
n_g, n_{g0}	số đếm trong vùng đỉnh rộng, tương ứng trong phổ của mẫu và phổ của phòng nền
n_N, n_{N0}	số đếm trong vùng đỉnh thực, tương ứng trong phổ của mẫu và phổ của phòng nền
t_0	thời gian đếm phòng nền, tính bằng giây
t_g	thời gian đếm mẫu, tính bằng giây
t_i	thời điểm đo, tức là thời điểm bắt đầu đo mẫu, tính bằng giây
t_{sm}	thời điểm giữa của phơi nhiễm và phép đo detector bị phơi nhiễm, tính bằng giây
λ_i	hằng số phân rã hạt nhân i , tính bằng giây

C.2 Nguyên lý

Phép đo gồm các bước sau:

a) Chuẩn bị thiết bị đo (cảm biến) như sau:

- 1) tháo nắp;
- 2) làm nóng than đến nhiệt độ 110 °C trong khí nitơ để loại bỏ nước (bước này có thể bỏ qua nhưng như vậy sẽ làm giảm tuổi thọ của thiết bị);

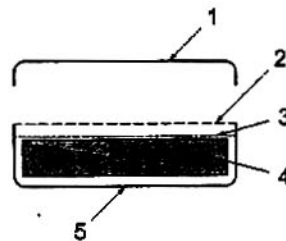
- 3) đặt lại nắp;
 - 4) cân và ghi lại trọng lượng của toàn bộ thiết bị;
 - 5) nếu cần thiết thì làm kín thêm bằng cách dán băng dính xung quanh phần tiếp xúc giữa nắp và phần đế;
- b) Lấy mẫu thụ động, trong quá trình đó, radon được hấp thụ lên than chì như sau:
- 1) nắp được tháo ra lúc bắt đầu lấy mẫu và đặt trở lại khi kết thúc lấy mẫu;
 - 2) thời điểm lấy mẫu và thời điểm bắt đầu đều phải được ghi lại;
- c) Gửi cảm biến đã nhận chiếu xạ tới phòng thử nghiệm để đo suất phát gamma của hai đồng vị con phát gamma là ^{214}Pb và ^{214}Bi :
- 1) từ lúc kết thúc giai đoạn lấy mẫu đến lúc bắt đầu đo suất phát gamma phải để ít nhất ba tiếng;
 - 2) suất phát có liên quan đến số lượng radon được hấp thụ;
- d) Xác định nồng độ hoạt độ trung bình từ các suất phát gamma, giai đoạn lấy mẫu và bằng việc sử dụng các hệ số hiệu chuẩn và hiệu chỉnh liên quan.

Sau khi sử dụng, cảm biến nên được gắn xi và không sử dụng lại trong 1 tháng. Điều này đảm bảo mọi radon và radon con sống ngắn (^{214}Pb và ^{214}Bi) còn lại được phân rã đến mức không ảnh hưởng tới kết quả của phép đo tiếp theo.

C.3 Thiết bị

Thiết bị bao gồm:

- a) một dụng cụ đo chứa một khối than hoạt tính (cảm biến) để hấp phụ radon và được sử dụng trong một cấu hình mở hoặc cấu hình rào chắn khuếch tán (xem Hình C.1); trong cả hai cấu hình, than chì phải được giữ trong hộp chứa có đặt một tấm lưới sắt mờ.
- b) một phổ kế gamma.



CHÚ DẪN

1	nắp để gắn kín với vỏ hộp	4	than hoạt tính
2	rào chắn khuếch tán (không bắt buộc)	5	vỏ hộp
3	tấm lưới sắt		

Hình C.1 – Thiết bị sử dụng than hoạt tính

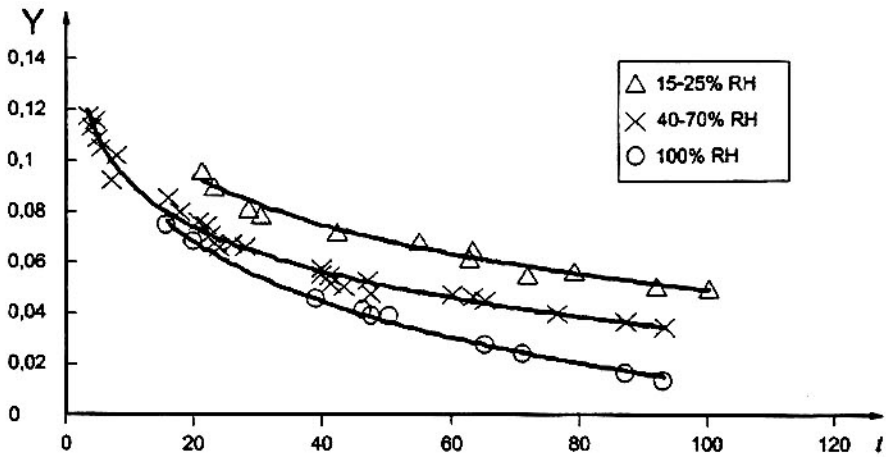
Trong cấu hình mở, than được cho phơi nhiễm trực tiếp trong không khí đang được điều tra. Trong điều kiện này, radon cũng phát tán ra từ than khi nồng độ radon trong lớp bề mặt than lớn hơn nồng độ radon trong không khí xung quanh. Điều này làm cho đáp ứng của detector có than hoạt tính bề mặt trở nên rất nhạy với sự thay đổi theo thời gian của nồng độ hoạt độ radon trong không khí mà nó chịu phơi nhiễm. Các detector có than hoạt tính ở mặt ngoài có đáp ứng mạnh với nồng độ hoạt độ radon vào thời điểm kết thúc lấy mẫu, trong khi cần phải có đáp ứng chỉ thị nồng độ hoạt độ radon trung bình trong toàn bộ giai đoạn lấy mẫu. Vì lý do này, các detector có than hoạt tính ở mặt ngoài thường được sử dụng trong 4 ngày.

Trong cấu hình rào chắn khuếch tán, rào chắn khuếch tán được đặt ở giữa than hoạt tính và không khí. Điều này dẫn đến nồng độ hoạt độ radon tại bề mặt than hoạt tính gần như luôn thấp hơn nồng độ hoạt độ radon trong không khí được đo và tác động của phát tán radon được giảm đi rất nhiều. Sự tồn tại của rào chắn khuếch tán cũng làm giảm lượng hơi nước bị hấp thụ, và các thiết bị này có thể được sử dụng trong khoảng thời gian phơi nhiễm 7 ngày, thậm chí ở nơi có độ ẩm tương đối cao tới 75 %.

Một detector than hoạt tính điển hình bao gồm một hộp có đường kính khoảng 80 mm và cao 25 mm với tổng trọng lượng khoảng 100 g, có thể gửi bằng đường bưu điện tới người sử dụng nội địa và gửi trở lại phòng thử nghiệm trong khoảng thời gian xác định sau khi phơi nhiễm. Hộp này phải được gắn kín cho đến khi được nhận và sau đó mới được tháo, cho phơi nhiễm trong khu vực được đo. Lúc kết thúc thời gian lấy mẫu, hộp phải được gắn kín lại và gửi về nơi cung cấp, cùng với ngày và thời điểm bắt đầu, kết thúc lấy mẫu, cũng như ước tính nhiệt độ trung bình trong suốt thời gian lấy mẫu.

Trong suốt thời gian lấy mẫu, radon được hấp phụ lên trên than chì hoạt tính nhưng nó cũng có thể giải hấp từ bề mặt. Than chì hoạt tính cũng sẽ hấp thụ hơi nước trong suốt thời gian lấy mẫu và điều này làm giảm khả năng hấp phụ radon của than. Radon được hấp phụ lúc bắt đầu lấy mẫu sẽ phân rã phóng xạ nhiều hơn radon được hấp phụ khi kết thúc thời gian đo. Để tính đến tất cả các yếu tố này, cần phải thực hiện quá trình hiệu chuẩn dọc theo dải các điều kiện độ ẩm tương đối khác nhau và các giai đoạn lấy mẫu khác nhau để cho phép rút ra hệ số hiệu chuẩn thích hợp. Cần phải hiểu rằng các hệ số hiệu chuẩn này áp dụng đối với một lô các detector có trọng lượng bằng nhau được sản xuất từ cùng vật liệu.

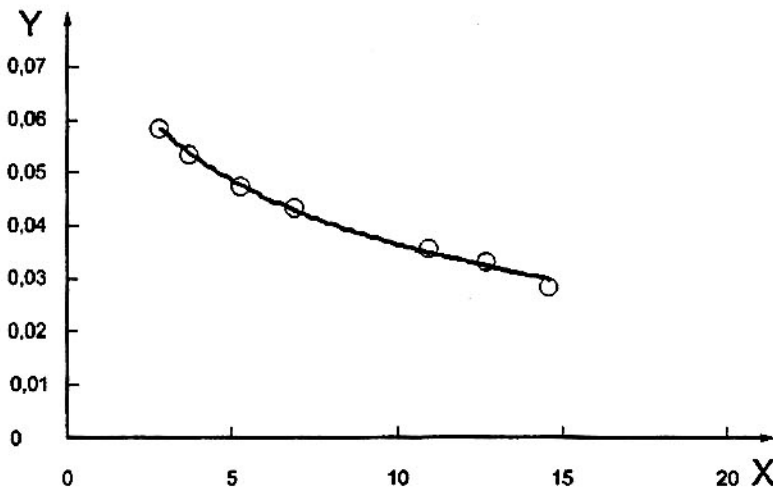
Hình C.2 và Hình C.3 minh họa sự thay đổi hệ số hiệu chuẩn theo độ ẩm tương đối (RH) và thời gian phơi nhiễm (thời gian lấy mẫu).

**CHÚ DẪN**

t thời gian phơi nhiễm, tính bằng giờ (h)

Y hệ số hiệu chuẩn (đơn vị tùy chọn)

Hình C.2 – Sự thay đổi hệ số hiệu chuẩn theo độ dài thời gian phơi nhiễm (thời gian lấy mẫu) và độ ẩm tương đối (chỉ cho mục đích minh họa)

**CHÚ DẪN**

X nước được hấp thụ, tính bằng gam (g)

Y hệ số hiệu chuẩn (đơn vị tùy chọn)

Hình C.3 – Sự thay đổi hệ số hiệu chuẩn theo lượng nước được hấp thụ trong suốt thời gian lấy mẫu (chỉ cho mục đích minh họa)

C.4 Lấy mẫu

Lấy mẫu khí là thụ động.

Cảm biến hiện trường được đặt trực tiếp trong không khí đang được điều tra.

Việc lắp đặt thiết bị được thực hiện theo quy định tại 6.3.2 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1).

Nắp thiết bị được tháo ra lúc bắt đầu lấy mẫu để than chì hoạt tính nhận phơi nhiễm trong không khí đang được điều tra. Thời gian mở nắp phải được ghi lại. Nắp phải được đặt lại lúc kết thúc lấy mẫu và thời điểm đóng nắp phải được ghi lại. Có thể làm kín thêm bằng cách dán băng dính xung quanh phần tiếp xúc giữa nắp và phần đế.

Thời gian lấy mẫu phải theo quy định tại 6.3.3.

C.5 Đo

C.5.1 Quy trình

C.5.1.1 Detector kiểm soát phòng thử nghiệm

Cần phải thiết lập mức phòng nền phòng thử nghiệm cho mỗi lô thiết bị. Cần phải phân tích một số lượng đủ lớn về mặt thống kê các thiết bị không phơi nhiễm theo cùng một cách thức với các mẫu bình thường. Mức phòng nền phòng thử nghiệm được trừ khỏi kết quả thu được từ các thiết bị được phơi nhiễm bình thường để xác định nồng độ hoạt độ radon trong mẫu.

C.5.1.2 Detector kiểm soát hiện trường

Detector kiểm soát hiện trường (mẫu trắng hiện trường) nên bao gồm một số lượng tối thiểu 5 % thiết bị được triển khai hàng tháng. Các detector kiểm soát hiện trường cần được gửi tới địa điểm lấy mẫu cùng với các detector sẽ được phơi nhiễm. Các detector này cần được bọc kín trong môi trường có nồng độ radon thấp (dưới 10 Bq/m^3) và đưa trở lại cùng với các thiết bị mẫu bình thường. Các thiết bị này đo phơi nhiễm phòng nền trong quá trình vận chuyển hoặc lưu giữ và các kết quả cần được theo dõi, ghi lại. Nếu một hoặc một vài detector kiểm soát hiện trường có nồng độ hoạt độ radon lớn hơn nhiều giới hạn phát hiện do nhà sản xuất thiết lập, điều đó có thể chỉ ra rằng các thiết bị bị kiểm khuyết hoặc quy trình kém. Nếu hầu hết các detector kiểm soát có nồng độ hoạt độ radon lớn hơn nhiều giới hạn phát hiện thì giá trị trung bình của các detector kiểm soát cần phải trừ khỏi nồng độ hoạt độ trên detector hiện trường đã được báo cáo mà không phải mức phòng nền nền của phòng nền thử nghiệm, và vấn đề cần phải được điều tra.

C.5.1.3 Kiểm tra thiết bị thường xuyên

Thiết bị đếm cần phải được kiểm tra thường xuyên để đảm bảo hoạt động tốt. Việc này được thực hiện bằng cách đếm một nguồn kiểm tra thiết bị ít nhất một lần một ngày khi thiết bị được sử dụng. Tốc độ đếm nguồn kiểm tra phải đủ cao để cho ra số liệu thống kê tốt trong một thời gian ngắn (ví dụ từ 1000 đến 10000 lần đếm trong một phút). Nguồn kiểm tra chuẩn điển hình là nguồn radi kìn để có thể kiểm

tra phổ kế gamma cho hiệu chuẩn năng lượng, cửa sổ gamma và tính hiệu suất ổn định của phát hiện.

C.5.1.4 Detector hiện trường

Thiết bị phải được gửi tới phòng thử nghiệm nhanh nhất có thể sau khi kết thúc lấy mẫu. Nó phải được xử lý sớm nhất có thể. Thời gian kể từ khi kết thúc lấy mẫu và bắt đầu đo ở phòng thử nghiệm không được ít hơn 3 h, là thời gian cần để ^{214}Pb và ^{214}Bi đạt được sự cân bằng bền với radon.

Toàn bộ thiết bị được đo: nắp không được mở nhưng băng dính [được dán theo quy định tại C.2 a) 5 và C.4] phải được gỡ ra.

Trước khi bắt đầu đo phổ kế gamma thì phải cân detector hiện trường. Sự khác biệt về trọng lượng trong phép đo này và phép đo nêu tại C.2 a) 4) bằng trọng lượng của nước được hấp thụ trong quá trình lấy mẫu và được sử dụng để xác định hệ số hiệu chỉnh phù hợp.

Cửa sổ năng lượng gamma, vị trí mẫu và cấu hình mẫu được sử dụng cho việc đếm với phổ kế gamma cũng là vị trí mẫu và cấu hình mẫu được sử dụng cho hiệu chuẩn.

Cửa sổ năng lượng gamma sử dụng cho phép đo phổ kế gamma phải được đặt để bao gồm năng lượng photon của các tia gamma chính từ ^{214}Pb và ^{214}Bi , cụ thể là 295 keV, 352 keV và 609 keV. Vì các sản phẩm phân rã này cân bằng bền với radon, nên nồng độ hoạt độ của sản phẩm phân rã sẽ bằng với nồng độ hoạt độ radon.

C.5.2 Đại lượng ảnh hưởng

Ngoài các đại lượng ảnh hưởng được nêu trong IEC 61577-1 và TCVN 10759-1 (ISO 11665-1), phải tính tới độ ẩm. Sự hấp thụ hơi nước lên bề mặt than chì hoạt tính làm giảm diện tích hấp thụ radon và cần áp dụng hệ số hiệu chỉnh để bù trừ với khối lượng nước được hấp thụ trong quá trình lấy mẫu.

Các khuyến nghị của nhà sản xuất trong hướng dẫn vận hành thiết bị đo cần được tuân thủ.

C.5.3 Hiệu chuẩn

Nếu nhà sản xuất không cung cấp hệ số hiệu chuẩn thì mỗi lò detector phải được hiệu chuẩn ngay sau khi tiếp nhận.

Đối với một lò detector, hiệu chuẩn được thực hiện bằng cách cho phơi nhiễm mỗi thiết bị trong không khí quy chiếu. Độ ẩm của không khí quy chiếu phải được ghi lại. Thiết bị phải được chuẩn bị và gắn kín theo cách như khi sử dụng cho lấy mẫu thông thường, bao gồm cả việc gắn kín trước khi đưa đến phòng thử nghiệm.

Thiết bị đã phơi nhiễm sau đó phải được phân tích bằng cùng phổ kế gamma, có sử dụng cửa sổ gamma như áp dụng đối với các mẫu thông thường. Các thiết bị được đặt ở cùng vị trí và cùng hướng như các thiết bị được sử dụng cho các mẫu thông thường.

Tỷ lệ giữa số photon tích lũy trong cửa sổ gamma trong một đơn vị thời gian và nồng độ hoạt độ radon chuẩn là hệ số hiệu chuẩn (s^{-1} trên Bq/m^3).

TCVN 10759-4:2016

Phải áp dụng hệ số hiệu chỉnh để tính tới sự phân rã trong khoảng thời gian từ giữa lúc lấy mẫu đến giữa lúc đo phổ kế gamma (dự đoán rằng giai đoạn đo phổ kế gamma ít hơn 10 h).

Do radon được hút bám liên tục phân rã, hệ số hiệu chuẩn sẽ thay đổi theo thời gian lấy mẫu. Nếu phải có kết quả chính xác thì cần phải xác định hệ số hiệu chuẩn theo thời gian lấy mẫu và lập ra bảng hiệu chỉnh thích hợp.

Hiệu suất hút bám phụ thuộc độ ẩm không khí được lấy mẫu và hệ số hiệu chuẩn được xác định là hệ số hiệu chuẩn cho độ ẩm của không khí quy chiếu. Hệ số hiệu chỉnh cần phải được xác lập để cho phép hiệu chỉnh kết quả đo theo độ ẩm mà tại đó hệ số hiệu chuẩn đã được xác định. Các hệ số hiệu chỉnh cần được biểu thị như là sự hiệu chỉnh áp dụng cho sự gia tăng trọng lượng được tính theo C.5.1.4.

Tất cả các thiết bị nên được hiệu chỉnh định kỳ (ví dụ một hoặc hai năm).

Sự thay đổi hệ số hiệu chỉnh do tác động của độ ẩm tương đối và thời gian lấy mẫu thường được gộp vào một bảng hiệu chỉnh. Bảng C.1 là một ví dụ về một bảng hiệu chỉnh điển hình.

Bảng C.1 – Hiệu chỉnh hệ số hiệu chuẩn cho một detector 100 g do sự thay đổi độ ẩm tương đối (được đo bằng tổng khối lượng nước được hấp thụ trong suốt quá trình lấy mẫu) và với các khoảng thời gian lấy mẫu khác nhau (chỉ cho mục đích minh họa)

Sự thay đổi khối lượng detector trong quá trình lấy mẫu	Thời gian lấy mẫu	Hiệu chỉnh
< 1 g	48 h	0,92
	72 h	0,87
1 g đến 4 g	48 h	1
	72 h	1
> 4 g	48 h	1,25
	72 h	1,54

C.6 Biểu thị kết quả

C.6.1 Khái quát

Để biết thêm thông tin về các phép tính sau có thể xem TCVN 10758-3 (ISO 18589-3) như là một ví dụ.

C.6.2 Nồng độ hoạt độ trung bình của radon

Nồng độ hoạt độ trung bình của radon thu được từ Công thức (1). Từ đây suy ra Công thức (C.1):

$$\bar{C} = \left(\frac{n_N}{t_g} - \frac{n_{N0}}{t_{g0}} \right) \cdot \frac{f_H \cdot f_S \cdot f_d}{F_C} = \left(\frac{n_N}{t_g} - \frac{n_{N0}}{t_{g0}} \right) \cdot \omega \quad \text{với } \omega = \frac{f_H \cdot f_S \cdot f_d}{F_C} \quad (\text{C.1})$$

Trong đó:

$$f_d^{-1} = e^{\lambda \cdot t_g} \cdot \left(\frac{\lambda \cdot t_g}{1 - e^{-\lambda \cdot t_g}} \right)$$

C.6.3 Độ không đảm bảo tiêu chuẩn

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của \bar{C} thu được từ Công thức (2). Từ đây suy ra Công thức (C.2):

$$u(\bar{C}) = \sqrt{\omega^2 \cdot \left[\frac{u^2(n_N)}{t_g^2} + \frac{u^2(n_{N0})}{t_0^2} \right] + (\bar{C})^2 \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (C.2)$$

Trong đó, độ không đảm bảo của thời gian đếm được coi như không đáng kể.

n_N , n_{N0} , $u^2(n_N)$ và $u^2(n_{N0})$ được biểu thị như sau:

$$n_N = n_g - n_b \text{ và } n_{N0} = n_{g0} - n_{b0}$$

$$u^2(n_N) = u^2(n_g) + u^2(n_b) \text{ và } u^2(n_{N0}) = u^2(n_{g0}) + u^2(n_{b0})$$

Các giá trị n_N , n_g và n_b và độ không đảm bảo tiêu chuẩn đi kèm của chúng có thể được tính bằng chương trình máy tính. Do có các phương pháp khác nhau để trừ đi mức nhiễu nền dưới đỉnh để rút ra số đếm trong vùng đỉnh thực, không có công thức nào có thể áp dụng chung để tính ra độ không đảm bảo. Một ví dụ về trường hợp đơn giản là trừ nhiễu nền tuyến được nêu trong TCVN 10758-3:2016 (ISO 18589-3:2007), Phụ lục A.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn tương đối của ω được tính theo Công thức (C.3):

$$u_{rel}^2(\omega) = u_{rel}^2(F_C) + u_{rel}^2(f_H) + u_{rel}^2(f_S) + u_{rel}^2(f_d) \quad (C.3)$$

C.6.4 Ngưỡng quyết định

Ngưỡng quyết định, \bar{C}^* , thu được theo ISO 11929. Từ đây suy ra Công thức (C.4):

$$\bar{C}^* = k_{1-\alpha} \cdot \omega \cdot \sqrt{[n_b + u^2(n_b)]/t_g^2 + [n_{g0} + u^2(n_{b0})]/t_0^2 + (n_{g0} - n_{b0})/t_0 \cdot t_g}$$

trong đó $\alpha = 0,05$ với $k_{1-\alpha} = 1,65$ thường được chọn theo mặc định.

C.6.5 Giới hạn phát hiện

Giới hạn phát hiện, $\bar{C}^\#$, được tính theo ISO 11929. Từ đây suy ra Công thức (C.5):

$$\bar{C}^\# = \bar{C}^* + k_{1-\alpha} \cdot \omega \cdot \sqrt{\bar{C}^\# / t_g \cdot \omega + [n_b + u^2(n_b)]/t_g^2 + [n_{g0} + u^2(n_{b0})]/t_0^2 + (n_{g0} - n_{b0})/t_0 \cdot t_g + \bar{C}^{\#2} \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (C.5)$$

Giới hạn phát hiện có thể được tính bằng cách giải Công thức (C.5) để tìm $\bar{C}^\#$ hoặc, đơn giản hơn, bằng cách lặp lại với việc lấy xấp xỉ ban đầu ban đầu $\bar{C}^\# = 2 \cdot \bar{C}^*$ cho vế phải của Công thức (A.5).

Thu được $\bar{C}^{\#}$ với $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = k$:

$$\bar{C}^{\#} = \frac{2 \cdot \bar{C}^* + (k^2 \cdot \omega) / t_g}{1 - k^2 \cdot u_{rel}^2(\omega)} \quad (C.6)$$

Giá trị $\alpha = \beta = 0,05$ và do đó $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1,65$ thường được chọn mặc định.

C.6.6 Ví dụ

Tiêu mục này nêu ví dụ về số liệu cho detector 100 g được phơi nhiễm trong thời gian lấy mẫu 72 h.

Hệ số hiệu chuẩn, F_C , được xác định cho 5 g khối lượng nhận được và thời gian lấy mẫu 72 h trong chương trình lấy mẫu là $0,097 \text{ 2 s}^{-1}/\text{Bq/m}^3$.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn tương đối của hệ số hiệu chuẩn được xác định trong chương trình hiệu chuẩn là 7 %.

Khối lượng nhận được trong khi lấy mẫu là 3 g.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của khối lượng nhận được là 0,2 g.

Hệ số hiệu chỉnh cho hệ số hiệu chuẩn cho 3 g khối lượng nhận được là 18 % ($f_H = 1,18$).

Thời gian từ giữa lúc lấy mẫu và đo detector đã phơi nhiễm, t_{sm} , là 48 h.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của t_{sm} là không đáng kể.

Thời gian đếm phổ kế gamma, t_g , là 600 s.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của t_g là không đáng kể.

Sự khác biệt giữa thời gian lấy mẫu và thời gian phơi nhiễm chuẩn trong việc hiệu chuẩn là 0.

Tổng số đếm được trong 600 s trong cửa sổ phổ kế gamma là 18000.

Tổng số đếm được của phòng nền trong 600 s trong cửa sổ phổ kế gamma là 1500.

$t_g = t_0 = 600 \text{ s}$ và $n_N = 18000$ và $n_{N0} = 1500$.

Do vậy, nồng độ hoạt độ trung bình của radon được tính theo Công thức (C.1) là:

$$\bar{C} = 436 \text{ Bq/m}^3$$

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của nồng độ hoạt độ radon được tính theo Công thức (C.2):

$$u(\bar{C}) = 43 \text{ Bq/m}^3$$

Trong đó, độ không đảm bảo của hiệu chỉnh độ ảm phát sinh từ độ không đảm bảo của khối lượng nhận được:

$$u_{rel}(f_H) = 0,2/0,03 = 0,067 \text{ và } u_{rel}^2(\omega) = (0,07)^2 + (0,067)^2$$

Do vậy, nồng độ hoạt độ trung bình của radon là:

$$\bar{C} = (436 \pm 43) \text{ Bq/m}^3$$

Ngưỡng quyết định, \bar{C}^* , được tính theo Công thức (C.4):

$$\bar{C}^* = k_{1-\alpha} \cdot \tilde{u}(0) = 3 \text{ Bq/m}^3$$

Giới hạn phát hiện, $\bar{C}^\#$, được tính theo Công thức (C.6):

$$\bar{C}^\# = 6 \text{ Bq/m}^3$$

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] Nuclear Data Base issued from the Decay Data Evaluation Project. Available at: http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm
- [2] UNSCEAR 2006 Report: Effects of ionizing radiation (Vol. 1, report to the General Assembly and two scientific annexes). United Nations Publication, New York, 2008
- [3] ICRP Publication 65. Protection against radon-222 at home and at work. Annals of the ICRP, 23 (2), 1993
- [4] Joint DGS and DGUHC circular No. 99/46 of 27 January 1999 on the organisation of radon-linked risk management
- [5] DGS circular No. 2001/303 of 2 July 2001 on radon-linked risk management in buildings open to the public
- [6] Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire — Direction Générale de la Santé. Campagne nationale de mesure de l'exposition domestique au radon. Bilan et représentation cartographique des mesures au 1 janvier 2000
- [7] ICRP Sampling sheet, GTI.4, No. 33. Prélèvement sur filtre des matières particulaires en suspension dans l'air ambiant en vue de la détermination de leur radioactivité. Ref. GTI.4/AQ/FP/068, May 1989
- [8] Schmidt, V., FedderSen, C., Ullmann, W. Untersuchungen zur Aussagefähigkeit von passiven Messsystemen zur Bestimmung der Strahlenexposition durch Radon und kurzlebige Radonzerfallsprodukte. BFS-ST-Berichte, BFS-ST-6/95, 1995
- [9] Schmidt V. Measurements of deposition velocities and particle concentrations of unattached radon decay products at locations near surfaces. Proceedings of the 5th International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas, Munich, Germany, 4 to 7 September 2000, Vol. 2
- [10] Kotrappa P., Dempsey J. C., Ramsey W., Stiefel R. A practical E-PERM™ (Electret Passive Environmental Radon Monitor) system for indoor 222 Rn measurement. Health Phys., 58 (4), 1990, pp. 461–467
- [11] TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3), *Độ không đảm bảo đo – Phần 3: Hướng dẫn trình bày độ không đảm bảo đo* (GUM: 1995)
- [12] TCVN 10759-8 (ISO 11665-8), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường – Không khí: radon-222 – Phần 8: Phương pháp luận về khảo sát sơ bộ và khảo sát bổ sung trong các tòa nhà.*
- [13] TCVN 10758-3:2016 (ISO 18589-3:2007), *Đo hoạt độ phóng xạ trong môi trường – Đất – Phần 3: Phương pháp thử các nhân phóng xạ phát gamma bằng phổ gamma.*
- [14] IEC 61577-2, *Radiation protection instrumentation — Radon and radon decay product measuring instruments — Part 2: Specific requirements for radon measuring instruments*