

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 7878-2:2018

ISO 1996-2:2017

Xuất bản lần 2

**ÂM HỌC – MÔ TẢ, ĐO VÀ ĐÁNH GIÁ TIẾNG ÒN MÔI TRƯỜNG
PHẦN 2: XÁC ĐỊNH MỨC ÁP SUẤT ÂM
VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ**

*Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise-
Part 2: Determination of sound pressure levels*

HÀ NỘI - 2018

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	5
Lời giới thiệu.....	6
1 Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	8
4 Độ không đảm bảo đo.....	10
5 Thiết bị đo âm.....	13
5.1 Qui định chung.....	13
5.2 Hiệu chuẩn.....	13
5.3 Kiểm tra xác nhận.....	13
5.4 Quan trắc dài hạn.....	13
6 Nguyên tắc.....	14
6.1 Qui định chung.....	14
6.2 Phép đo độc lập.....	15
7 Hoạt động của nguồn.....	16
7.1 Qui định chung.....	16
7.2 Giao thông đường bộ.....	16
7.3 Giao thông đường sắt.....	17
7.4 Giao thông đường không.....	18
7.5 Các nhà máy công nghiệp.....	19
8 Các điều kiện khí tượng.....	20
8.1 Qui định chung.....	20
8.2 Điều kiện truyền âm thuận lợi.....	21
8.3 Ảnh hưởng của lượng mưa đến các phép đo.....	21
9 Quy trình đo.....	22
9.1 Chọn khoảng thời gian đo.....	22
9.2 Vị trí đặt micro.....	23
9.3 Phương pháp đo.....	24
10 Đánh giá kết quả đo.....	27
10.1 Qui định chung.....	27
10.2 Xác định $L_{E,T}$, $L_{eq,T}$ và $L_{N,T}$	28
10.3 Xử lý dữ liệu không đầy đủ hoặc bị hỏng.....	28

TCVN 7878-2:2018

10.4	Hiệu chỉnh mức cho âm dư	29
10.5	Xác định độ không đảm bảo tiêu chuẩn	29
10.6	Xác định L_{den}	30
10.7	Mức lớn nhất, L_{max}	32
11	Phép ngoại suy cho các vị trí khác	32
11.1	Qui định chung	32
11.2	Phép ngoại suy bằng các phép tính	32
11.3	Phép ngoại suy bằng các hàm suy giảm đo được	33
12	Tính toán	34
12.1	Qui định chung	34
12.2	Phương pháp tính toán	34
13	Ghi chép và báo cáo thông tin	35
Phụ lục A (Tham khảo)	Xác định bán kính cong	36
Phụ lục B (Tham khảo)	Các vị trí micro so với các bề mặt phản xạ	39
Phụ lục C (Tham khảo)	Lựa chọn vị trí đo/quan trắc	44
Phụ lục D (Tham khảo)	Hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu	46
Phụ lục E (Tham khảo)	Loại bỏ âm không mong muốn	51
Phụ lục F (Tham khảo)	Độ không đảm bảo đo	52
Phụ lục G (Tham khảo)	Ví dụ về các tính toán độ không đảm bảo đo	54
Phụ lục H (Tham khảo)	Các mức áp suất âm lớn nhất	59
Phụ lục I (Tham khảo)	Phép đo âm dư	62
Phụ lục J (Tham khảo)	Phương pháp khách quan đánh giá khả năng nghe rõ các âm trong tiếng ồn – Phương pháp kỹ thuật	63
Phụ lục K (Tham khảo)	Phương pháp khách quan đánh giá độ nghe rõ các âm trong tiếng ồn – Phương pháp khảo sát	65
Phụ lục L (Tham khảo)	Các mô hình tính toán cụ thể của quốc gia và châu Âu	66
	Thư mục tài liệu tham khảo	69

Lời nói đầu

TCVN 7878-2:2018 thay thế TCVN 7878-2:2010.

TCVN 7878-2:2018 hoàn toàn tương đương với ISO 1996-2:2017.

TCVN 7878-2:2018 do Ban Kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 43 Âm học biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 7878, Âm học – Mô tả, đo và đánh giá tiếng ồn môi trường, gồm hai phần sau:

- TCVN 7878-1:2018 (ISO 1996-1:2016), Phần 1: Các đại lượng cơ bản và phương pháp đánh giá.
- TCVN 7878-2:2018 (ISO 1996-2:2017), Phần 2: Xác định mức áp suất âm

Lời giới thiệu

Các phép đo tiếng ồn môi trường là phức tạp vì có nhiều biến số cần phải xem xét khi lên kế hoạch và thực hiện các phép đo. Do mỗi lần đo đều phải tuân theo các điều kiện và nguồn khí tượng hiện tại mà không thể được kiểm soát bởi nhà điều hành, nên thông thường không thể kiểm soát độ không đảm bảo kết quả của phép đo. Thay vào đó, độ không đảm bảo được xác định sau các phép đo được dựa trên việc phân tích các phép đo âm và các dữ liệu thu thập được trên các điều kiện hoạt động của nguồn và các thông số khí tượng quan trọng đối với sự truyền âm.

Vì tiêu chuẩn này có tham vọng tuân thủ các yêu cầu mới và chặt chẽ hơn về tính toán độ không đảm bảo đo và bao quát tất cả các loại nguồn và cửa sổ khí tượng, nên nó trở nên phức tạp hơn so với tiêu chuẩn cho một nguồn và ứng dụng cụ thể. Cách áp dụng tiêu chuẩn tốt nhất là sử dụng tiêu chuẩn làm cơ sở để xây dựng các tiêu chuẩn chuyên ngành hơn đáp ứng các nguồn và các mục tiêu cụ thể.

Âm học – Mô tả, đo và đánh giá tiếng ồn môi trường – Phần 2: Xác định mức tiếng ồn môi trường

*Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise –
Part 2: Determination of sound pressure levels*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này mô tả cách có thể xác định mức áp suất âm được dùng làm cơ sở để đánh giá các giới hạn của tiếng ồn môi trường hoặc so sánh các tình huống trong các nghiên cứu về không gian. Có thể thực hiện phép xác định bằng phép đo trực tiếp và bằng phép ngoại suy các kết quả đo theo cách tính toán. Tiêu chuẩn này chủ yếu được sử dụng ngoài trời nhưng tiêu chuẩn cũng đưa ra một số hướng dẫn đối với các phép đo trong nhà. Tiêu chuẩn được áp dụng linh hoạt và rộng rãi, người sử dụng xác định phương pháp đo và, theo đó, độ không đảm bảo đo được xác định và báo cáo trong từng trường hợp. Vì vậy, không có giới hạn cho độ không đảm bảo lớn nhất được thiết lập. Thông thường, các kết quả đo được kết hợp với các phép tính để hiệu chỉnh các điều kiện chuẩn về vận hành hoặc truyền âm khác với các phép đo trong quá trình đo thực tế. Có thể áp dụng tiêu chuẩn này cho tất cả các loại nguồn tiếng ồn môi trường, như tiếng ồn giao thông đường bộ và đường sắt, tiếng ồn máy bay và tiếng ồn công nghiệp.

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 sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 7878-1:2018 (ISO 1996-1:2016), *Âm học – Mô tả, đo và đánh giá tiếng ồn môi trường – Phần 1: Các đại lượng cơ bản và quy trình đánh giá.*

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)*

TCVN ISO/IEC 17025, *Yêu cầu chung về năng lực của phòng thử nghiệm và hiệu chuẩn.*

TCVN 12527-1 (IEC 61672-1), *Điện âm – Máy đo mức âm – Phần 1: Yêu cầu kỹ thuật.*

TCVN 7878-2:2018

ISO 20906:2009/Amd 1:2013, *Acoustics – Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports – Amendment 1 (Âm học – Quan trắc (tự động) của âm máy bay trong vùng lân cận của sân bay – Sửa đổi 1)*

IEC 60942:2003, *Electroacoustics – Sound calibrators (Điện âm – Thiết bị hiệu chuẩn âm)*.

IEC 61260:1995, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-Octave band filters (Điện âm – Bộ lọc dải octa và dải phân octa)*.

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này, áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa nêu trong TCVN 7878-1 (ISO 1996-1) và áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Khoảng thời gian đo (measurement time interval)

Khoảng thời gian mà các phép đo được thực hiện

CHÚ THÍCH 1: Đối với các phép đo về mức tiếp xúc âm hoặc mức áp suất âm liên tục tương đương, khoảng thời gian đo là khoảng thời gian tích hợp.

CHÚ THÍCH 2: Đối với các phép đo mức áp suất âm lớn nhất hoặc mức phần trăm vượt trội, v.v..., khoảng thời gian đo là khoảng thời gian quan sát (3.2).

3.2

Khoảng thời gian quan sát (observation time interval)

Khoảng thời gian trong đó một loạt các phép đo được thực hiện

3.3

Khoảng thời gian dự đoán (prediction time interval)

Khoảng thời gian mà qua đó các mức được dự đoán

CHÚ THÍCH 1: Hiện nay cách sử dụng máy tính để dự đoán mức âm có lẽ phổ biến hơn là thực hiện phép đo đối với một số nguồn như nguồn tiếng ồn giao thông. Khoảng thời gian dự đoán tương ứng với khoảng thời gian đo (3.1) ngoại trừ, các mức được dự đoán trước, sau đó được đo.

3.4

Phép đo dài hạn (long-term measurement)

Phép đo đủ lâu (dài) để bao gồm tất cả các tình huống phát ra âm và cửa sổ khí tượng cần thiết để đạt được mức trung bình đại diện

3.5

Phép đo ngắn hạn (short-term measurement)

Phép đo trong khoảng thời gian đo (3.1) với các điều kiện phát thải và cửa sổ khí tượng đã được xác định.

3.13

Hệ thống quan trắc âm tự động (automatic sound monitoring system)

toàn bộ hệ thống quan trắc âm liên tục tự động bao gồm tất cả các thiết bị quan trắc (3.12), vị trí thu thập dữ liệu cơ bản hoặc trung tâm (máy chủ lưu trữ) và tất cả phần mềm và phần cứng liên quan đến hoạt động của nó.

3.14

Điều kiện chuẩn (reference condition)

điều kiện mà các kết quả đo được tham chiếu (hiệu chỉnh)

CHÚ THÍCH 1: Ví dụ về điều kiện chuẩn là hấp thụ âm khí quyển tại nhiệt độ trung bình hàng năm và độ ẩm và lưu lượng giao thông trung bình hàng năm tương ứng cho ngày, tối và đêm.

3.15

Phép đo độc lập (independent measurement)

Các phép đo liên tiếp được thực hiện với khoảng thời gian đủ dài để cho các điều kiện hoạt động của nguồn và các điều kiện truyền âm độc lập về mặt thống kê với các điều kiện tương tự của các phép đo khác trong hàng loạt các phép đo.

CHÚ THÍCH 1: Để đạt được điều kiện độc lập đối với cửa sổ khí tượng, thường cần khoảng thời gian vài ngày.

3.16

Âm tần số thấp (low-frequency sound)

Âm chứa các dải tần số quan tâm trong phạm vi gồm các dải tần số một phần ba octa từ 16 Hz đến 200 Hz.

CHÚ THÍCH 1: Định nghĩa này dành riêng cho tiêu chuẩn này. Các định nghĩa khác có thể áp dụng trong các quy chuẩn quốc gia khác.

4 Độ không đảm bảo đo

Độ không đảm bảo của mức áp suất âm được xác định như trong tiêu chuẩn này phụ thuộc vào nguồn âm và khoảng thời gian đo, cửa sổ khí tượng, khoảng cách từ nguồn ồn, phương pháp và thiết bị đo. Độ không đảm bảo đo phải được xác định phù hợp với TCVN 9595-3 (ISO/IEC Guide 98-3). Chọn một trong các phương pháp sau, tất cả đều tương thích với GUM:

- a) Phương pháp mô hình hóa bao gồm việc xác định và định lượng tất cả các nguồn chính về độ không đảm bảo (gọi là thành phần độ không đảm bảo). Đây là phương pháp ưa dùng.
- b) Phương pháp liên phòng thí nghiệm bao gồm việc thực hiện phép thử vòng tròn để xác định độ lệch chuẩn của độ tái lập của phương pháp đo.

CHÚ THÍCH 1: Nếu có nhiều phương pháp đo cho một phép đo nhất định, thì bất kỳ độ lệch hệ thống nào cũng được tính đến, ví dụ, áp dụng ISO 21748 ^[1].

3.6**Vị trí đo tiếng ồn (thu âm) (receiver location)**

Vị trí tại đó tiếng ồn được đánh giá.

3.7**Phương pháp tính toán (calculation method)**

Tập hợp các thuật toán để tính mức áp suất âm tại *vị trí đo tiếng ồn* (3.6) xác định từ các mức áp suất âm đo được hoặc dự đoán và dữ liệu suy giảm âm.

3.8**Phương pháp dự đoán (prediction method)**

Tập hợp *phương pháp tính toán* (3.7), để tính các mức tiếng ồn trong tương lai.

3.9**Cửa sổ khí tượng (meteorological window)**

Tập hợp các điều kiện thời tiết mà các phép đo có thể được thực hiện với sự biến đổi trong kết quả đo do sự biến đổi thời tiết là ít nhất và biết trước.

3.10**Cửa sổ phát thải (emission window)**

Tập hợp các điều kiện phát ra âm mà có thể thực hiện các phép đo với kết quả đo biến đổi ít nhất theo sự biến đổi của điều kiện hoạt động.

3.11**Bán kính cong của đường truyền âm (sound path radius of curvature)**

R_{cur}

Bán kính đường cong gần đúng của đường lan truyền âm do sự khúc xạ của khí quyển.

CHÚ THÍCH 1: R_{cur} tính bằng mét.

CHÚ THÍCH 2: Thường sử dụng tham số $1/R_{cur}$ để tránh các giá trị vô cùng lớn trong quá trình truyền tia thẳng.

3.12**Thiết bị quan trắc (monitor)**

Thiết bị được sử dụng như một thiết bị đầu cuối quan trắc âm liên tục tự động để theo dõi mức áp suất âm trong số A, phổ của chúng và tất cả các đại lượng khí tượng có liên quan như vận tốc gió, hướng gió, mưa, độ ẩm, độ ổn định khí quyển, v.v...

CHÚ THÍCH 1: Không cần thực hiện các phép đo khí tượng tại từng thiết bị quan trắc miễn là các phép đo như vậy được thực hiện trong một khoảng cách thích hợp từ các thiết bị quan trắc và khoảng cách đó được nêu trong báo cáo.

- c) Phương pháp hỗn hợp bao gồm việc sử dụng kết hợp phương pháp mô hình và phương pháp liên phòng thí nghiệm. Trong trường hợp này, phương pháp liên phòng thí nghiệm được sử dụng cho các thành phần của thành phần độ không đảm bảo mà các thành phần đóng góp không thể được định lượng được theo cách sử dụng mô hình toán học của phương pháp mô hình hóa vì thiếu kiến thức công nghệ.

CHÚ THÍCH 2: Áp dụng cùng với Chú thích 1.

Theo phương pháp mô hình hóa, cần xác định từng nguồn đáng kể gây ra độ không đảm bảo. Cần loại bỏ hoặc giảm bớt các hiệu ứng mang tính hệ thống bằng cách áp dụng các hiệu chỉnh bất cứ khi nào có thể. Nếu đại lượng phải đo là L , là hàm của các đại lượng x_j , thì Công thức sẽ là:

$$L = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j) \quad (1)$$

Nếu mỗi đại lượng có độ không đảm bảo tiêu chuẩn thì độ không đảm bảo tiêu chuẩn kết hợp được tính theo Công thức (2):

$$u(L) = \sqrt{\sum_1^n (c_j u_j)^2} \quad (2)$$

giả sử rằng các đại lượng đầu vào x_j là độc lập. Theo các giả định tương tự, thì hệ số độ nhạy c_j được tính theo Công thức (3):

$$c_j = \frac{\partial f}{\partial x_j} \quad (3)$$

Độ không đảm bảo đo được báo cáo là độ không đảm bảo liên quan đến xác suất vùng phủ đã chọn, gọi là độ không đảm bảo mở rộng. Theo quy ước, thường chọn độ tin cậy là 95 %, với hệ số phủ bằng 2. Điều này có nghĩa là kết quả sẽ là $L \pm 2 u$.

CHÚ THÍCH 3: Các cơ quan có thẩm quyền có thể thiết lập các độ tin cậy khác. Ví dụ, hệ số phủ bằng 1,3 sẽ cho độ tin cậy bằng 80 %.

Đối với các phép đo tiếng ồn môi trường $f_{(x)}$, điều này rất phức tạp và khó có thể đưa ra các công thức chính xác cho hàm f . Theo các nguyên tắc được nêu trong ISO 3745,^[2] có thể xác định một số nguồn quan trọng của độ không đảm bảo đo. Đối với phép đo riêng lẻ. Áp dụng Công thức (4):

$$L = L' + 10 \lg \left(1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})} \right) \text{ dB} + \delta_{sou} + \delta_{met} + \delta_{loc} \quad (4)$$

trong đó

L là giá trị ước tính trong các điều kiện quy định để đo được giá trị mong muốn, tính bằng dexiben (dB);

L' là giá trị đo được bao gồm cả âm dư, L_{res} , tính bằng dexiben (dB);

L_{res} là âm dư, tính bằng dexiben [dB];

δ_{sou} là đại lượng đầu vào cho phép đối với bất kỳ độ không đảm bảo nào do các cửa sổ khí tượng sai lệch so với cửa sổ khí tượng dự kiến của nguồn, tính bằng dexiben (dB);

δ_{met} là đại lượng đầu vào cho phép đối với bất kỳ độ không đảm bảo nào do các cửa sổ khí tượng

TCVN 7878-2:2018

lệch so với các cửa sổ khí tượng giả định, tính bằng dexiben (dB);

δ_{loc} là đại lượng đầu vào cho phép đối với bất kỳ độ không đảm bảo nào do việc lựa chọn vị trí đo tiếng ồn (thu âm), tính bằng dexiben (dB).

Thông thường, $\delta_{sou} + \delta_{met}$ được xác định trực tiếp từ các phép đo; xem 10.5.

L' và L_{res} đều phụ thuộc vào L_{slm} là đại lượng đầu vào cho phép đối với bất kỳ độ không đảm bảo nào của chuỗi các phép đo (máy đo mức âm trong trường hợp đơn giản nhất). Ngoài ra, L_{res} phụ thuộc vào δ_{res} đây là đại lượng đầu vào cho phép đối với độ không đảm bảo do âm dư. Bảng 1 giải thích thêm mối tương quan giữa các đại lượng trong Công thức (4) và ước tính độ không đảm bảo của chúng.

Công thức (4) rất đơn giản và từng nguồn của độ không đảm bảo là một hàm của một số nguồn không đảm bảo khác. Về nguyên tắc, Công thức (4) có thể áp dụng cho bất kỳ phép đo nào kéo dài từ vài giây đến vài năm. Tại Điều 9.1, các phép đo được chia thành các phép đo dài và ngắn hạn. Phép đo ngắn thường có thể trong khoảng từ 10 min đến vài giờ trong khi phép đo dài thường có thể dao động trong khoảng một tháng và một năm.

Bảng 1 đưa ra hướng dẫn về cách xác định c_j và u_j để đưa vào Công thức (2).

Bảng 1 – Ví dụ về thành phần của độ không đảm bảo đo đối với giá trị đo được

Đại lượng	Ước tính dB	Độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_j dB	Độ lớn của hệ số độ nhạy, c_j	Điều hướng dẫn
$L' + \delta_{slm}$	L'	$u(L')$ 0,5 ^a	$\frac{1}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}}$	Phụ lục F
δ_{sou}	0	u_{sou}	1	7.2 đến 7.5, Phụ lục D
δ_{met}	0	u_{met}	1	Điều 8, Phụ lục A
δ_{loc}	0,0 - 6,0	u_{loc}	1	Phụ lục B
$L_{res} + \delta_{res}$	L_{res}	u_{res}	$\frac{10^{-0,1(L' - L_{res})}}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}}$	Phụ lục F

^a 0,5 dB dành cho máy đo mức âm loại 1. Máy đo mức âm loại 2 có thể có độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn là 1,5 dB.

Các số nêu trong Bảng 1 chỉ đề cập đến các mức áp suất âm liên tục trọng số A. Độ không đảm bảo cao hơn được dự kiến đối với các mức lớn nhất, mức dải tần số và mức của các thành phần âm sắc trong tiếng ồn. Trong nhiều trường hợp, các giá trị đo được sẽ được hiệu chỉnh theo các điều kiện hoạt động của nguồn khác không đại diện cho các trường hợp được đo mà là trung bình hàng năm. Tương tự, các phép đo khác có thể được hiệu chỉnh theo các cửa sổ khí tượng khác để thực hiện các phép tính L_{den} . Tính toán độ không đảm bảo cho các trường hợp như vậy được nêu trong Phụ lục F.

CHÚ THÍCH 4: Một số ví dụ, bao gồm bảng tính, các tính toán độ không đảm bảo đầy đủ được nêu trong Phụ lục G.

5 Thiết bị đo âm

5.1 Qui định chung

Các thiết bị đo mức áp suất âm, bao gồm (các) micro, (các) dây nối, (các) chụp chắn gió, các thiết bị lưu trữ và các phụ kiện khác, nếu sử dụng thì phải đáp ứng các yêu cầu đối với thiết bị loại 1 theo TCVN 12527-1 (IEC 61672-1) đối với ứng dụng trường tự do hoặc góc tới ngẫu nhiên, nếu thích hợp. Bộ lọc phải đáp ứng các yêu cầu đối với thiết bị loại 1 theo IEC 61260. Phải sử dụng chụp chắn gió khi thực hiện các phép đo ngoài trời.

CHÚ THÍCH 1: Các giới hạn dung sai cho phép của thiết bị loại 1 của TCVN 12527-1 (IEC 61672-1) áp dụng cho dải nhiệt độ từ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nếu sử dụng thiết bị ngoài dải nhiệt độ từ $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, thì độ không đảm bảo đo có thể bị tăng lên.

CHÚ THÍCH 2: Ngay cả đối với các chụp chắn gió, mức áp suất âm đo được có thể bị ảnh hưởng bởi tiếng ồn của gió. Ví dụ, mức áp suất âm có trọng số A, L_{p1} cho micro 13 mm với chụp chắn gió có đường kính 90 mm tiếp xúc với tốc độ gió v m/s là khoảng $-18 + 70 \lg(v/1\text{ m/s})$ dB với hướng gió thổi vuông góc với màng micro và $-32 + 83 \lg(v/1\text{ m/s})$ dB với hướng gió thổi song song với màng^[9].

5.2 Hiệu chuẩn

Trước và sau từng loạt đo, toàn bộ hệ thống thiết bị đo mức áp suất âm sẽ được kiểm tra tại một hoặc nhiều tần số bằng thiết bị hiệu chuẩn âm đáp ứng các yêu cầu đối với thiết bị loại 1 theo IEC 60942. Không có bất kỳ điều chỉnh nào khác, chênh lệch giữa hai lần kiểm tra liên tiếp phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,5 dB. Nếu vượt quá giá trị này, kết quả thu được sau lần kiểm tra đạt yêu cầu trước đó sẽ bị loại bỏ. Để quan trắc dài hạn trong vài ngày hoặc hơn, phải áp dụng các yêu cầu của ISO 20906:2009/ Sửa đổi 1:2013.

5.3 Kiểm tra xác nhận

Sự phù hợp của thiết bị đo mức áp suất âm, bộ lọc và bộ hiệu chuẩn âm phải được kiểm tra xác nhận bằng chứng chỉ hợp lệ, phù hợp với các thông số đo được quy định trong các phương pháp thử có liên quan trong TCVN 12527-3 (IEC 61672-3)^[4], IEC 61260 và IEC 60942.

Tất cả các thử nghiệm xác định sự phù hợp phải được tiến hành bởi một phòng thí nghiệm đáp ứng các yêu cầu của TCVN ISO/IEC 17025 để thực hiện các phép thử và hiệu chuẩn có liên quan và đảm bảo truy xuất nguồn gốc theo các chuẩn đo lường tương ứng. Khuyến nghị khoảng thời gian để kiểm tra tính năng hệ thống là mỗi năm một lần. Khoảng thời gian cho phép tối đa là 2 năm.

5.4 Quan trắc dài hạn

Sai số lớn nhất cho phép đối với các thiết bị sử dụng cho các phép đo khí tượng là:

- $\pm 0,5\text{ K}$ đối với thiết bị đo nhiệt độ,
- $\pm 5,0\%$ cho các thiết bị đo độ ẩm tương đối,
- $\pm 0,5\text{ hPa}$ cho các thiết bị đo áp suất khí quyển,

TCVN 7878-2:2018

- $\pm 0,5$ m/s cho thiết bị đo vận tốc gió, và
- $\pm 5^\circ$ đối với thiết bị đo hướng gió.

Các cấp loại khí tượng được quy định tại Điều 8.

CHÚ THÍCH: Một số máy đo mức âm hiện đại phù hợp để đo trực tiếp các thông số được sử dụng để xác định các cấp loại khí tượng.

6 Nguyên tắc

6.1 Qui định chung

Có hai phương sách chính để đo tiếng ồn môi trường:

- Thực hiện một phép đo đơn lẻ theo các cửa sổ khí tượng được xác định rất rõ trong khi quan trắc cẩn thận các điều kiện hoạt động của nguồn;
- Thực hiện phép đo dài hạn, hoặc nhiều phép đo mẫu, trải dọc theo thời gian trong khi vẫn theo dõi các cửa sổ khí tượng.

Cả hai loại phép đo đều yêu cầu xử lý các dữ liệu đo được.

Mỗi kết quả và mỗi loại phép đo sẽ có độ không đảm bảo nhất định, và phải được xác định. Tùy thuộc vào người dùng kết quả để xác định độ chính xác nào là chính. Không có giới hạn trên của độ không đảm bảo đo được đưa ra.

Các L_{eq} dài hạn, L_{long} , được tính theo Công thức (5):

$$L_{long} = 10 \lg \left(\sum_{k=1}^{N_w} P_k 10^{0,1L_k} \right) \text{ dB} \quad (5)$$

trong đó

P_k là tần số xuất hiện của các điều kiện phát thải và cửa sổ khí tượng k để có L_{eq} -mức L_k , tính bằng dexiben (dB);

N_w là số lượng cửa sổ được sử dụng.

Thông thường, L_k được xác định bởi một số phép đo; xem Công thức (6):

$$L_k = 10 \lg \left(\frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} 10^{0,1L_i} \right) \text{ dB}$$

(6)

trong đó

L_i là phép đo độc lập trong phạm vi cửa sổ k , tính bằng dexiben (dB);

N_m là số lượng các phép đo trong cửa sổ này.

Để có thể tính L_{den} , phải tách riêng các khoảng thời gian ngày, buổi tối và đêm.

Một cửa sổ là sự kết hợp giữa phát thải (ví dụ: ngày, tối, đêm) và các cửa sổ khí tượng (ví dụ: bốn loại khác nhau, như trong Bảng 2). Tốt hơn là, một cửa sổ nên bao gồm các điều kiện phát thải và truyền âm không đổi. Trong nhiều trường hợp, điều kiện phát thải không phụ thuộc vào cửa sổ khí tượng và trong các trường hợp khác, như đối với tiếng ồn của máy bay, có mối liên hệ chặt chẽ với nhau.

Độ không đảm bảo sẽ được xác định cho p_k và L_k . Lý tưởng nhất là độ không đảm bảo của L_k được xác định trực tiếp từ một số lượng lớn các phép đo độc lập; xem 10.5. Nếu chỉ thực hiện một hoặc một vài phép đo, thì xác định độ không đảm bảo bằng các thông tin sẵn có khác. Nếu các giá trị của L_k bị thiếu, thì chúng sẽ được ước tính bằng cách sử dụng một phương pháp dự đoán. Các ước tính này cũng sẽ bao gồm các ước tính của độ không đảm bảo đo.

Đối với các phép đo đơn có ý nghĩa, yêu cầu tối thiểu là L_k được xác định trong các điều kiện truyền âm thuận lợi như được qui định trong Phụ lục A và các điều kiện hoạt động của nguồn được quan trắc trong quá trình thực hiện các phép đo này.

Bảng 2 – Phân loại điều kiện phát thải và điều kiện khí tượng trong thời gian đo

Cửa sổ khí tượng	1	2	3	4
Cửa sổ phát thải				
1				
2				
N				

6.2 Phép đo độc lập

Đối với hai phép đo được xem là độc lập, không quan tâm đến các biến đổi theo mùa, ngày đêm, tuần hoặc các thay đổi mang tính hệ thống khác, các yêu cầu của Bảng 3 có thể được sử dụng như một hướng dẫn (xem Tài liệu tham khảo [5]).

Bảng 3 – Thời gian tối thiểu (giờ) giữa hai phép đo độc lập

Khoảng cách	<100 m		100 m đến 300 m		> 300 m	
	ngày	đêm	ngày	đêm	ngày	đêm
Đường bộ	24 h	24 h	48 h	48 h	72 h	72 h
Đường sắt	24 h	24 h/nguồn ^a	48 h	72 h	72 h	72 h
Công nghiệp	nguồn	nguồn	48 h	48 h	72 h	72 h
Máy bay ^b	nguồn	nguồn	nguồn	nguồn	nguồn	nguồn

^a Nếu tàu vận chuyển hàng hóa chiếm ưu thế.
^b Phụ thuộc chủ yếu vào hoạt động bay

CHÚ THÍCH 1: "Nguồn" trong Bảng 3 chỉ ra thời gian tối thiểu bị ảnh hưởng bởi các điều kiện hoạt động của nguồn.

CHÚ THÍCH 2: "Ngày" trong Bảng 3 là thời gian giữa bình minh và hoàng hôn trong khi đêm là thời gian giữa hoàng hôn và mặt trời mọc.

7 Hoạt động của nguồn

7.1 Qui định chung

Điều kiện hoạt động của nguồn phải đại diện cho tiếng ồn môi trường đang xem xét. Để thu được ước lượng tin cậy của mức áp suất âm tương đương liên tục cũng như mức áp suất âm cực đại, khoảng thời gian đo phải bao gồm số lượng tối thiểu các tình huống gây ồn. Hướng dẫn đối với hầu hết các kiểu nguồn ồn thông thường được nêu từ 7.2 đến 7.5. Số lượng xe đi qua (phương tiện giao thông đường bộ, tàu, máy bay) cần thiết để tính trung bình sự thay đổi trong phát thải tiếng ồn của từng xe phụ thuộc vào độ chính xác theo yêu cầu. Các nguồn tiếng ồn ít phổ biến hơn, chẳng hạn như giao thông hàng hải, trực thăng và xe điện không được xử lý riêng.

Mức áp suất âm liên tục tương đương của tiếng ồn từ giao thông đường sắt và giao thông hàng không có thể xác định bằng cách đo một số các mức âm tiếp xúc của các tình huống đơn lẻ cho xe/tàu và tính toán mức áp suất âm liên tục tương đương dựa trên các mức này.

Nếu các giá trị đo được, được hiệu chỉnh với các điều kiện hoạt động khác, sử dụng các mô hình dự đoán qui định, các điều kiện hoạt động phải được quan trắc bằng tất cả các thông số liên quan được sử dụng làm đầu vào trong phương pháp dự đoán. Độ không đảm bảo đo sẽ phụ thuộc vào việc xác định chính xác các thông số khác nhau như thế nào.

CHÚ THÍCH: Hướng dẫn cách hiệu chỉnh theo các điều kiện khác được nêu trong Phụ lục D.

Hướng dẫn đưa ra không xem xét các vấn đề tiềm ẩn bổ sung với các nguồn âm tần số thấp như máy bay trực thăng, độ rung của cầu, tàu điện ngầm, tàu chở hàng, khu mô, nhà máy đập, thiết bị khí nén dùng trong xây dựng, v.v... TCVN 7878-1:2018 (ISO 1996-1:2016), Phụ lục C bao gồm các nội dung sâu hơn về âm tần số thấp. Các qui trình đo âm tần số thấp được nêu trong 9.2.2 và 9.3.2.7.

7.2 Giao thông đường bộ

7.2.1 Phép đo L_{eq}

Khi đo L_{eq} , số lượng phương tiện giao thông đường bộ chạy qua phải được đếm trong suốt khoảng thời gian đo. Nếu kết quả đo được chuyển đổi sang các điều kiện giao thông khác, thì sự khác biệt phải được chỉ ra giữa ít nhất ba loại "xe khách" và "xe hạng trung bình (2 trục)" và "xe hạng nặng (> 3 trục)". Để xác định liệu điều kiện giao thông có mang tính đại diện hay không, tốc độ giao thông trung bình phải được đo hoặc bằng các phương thức khác và kiểu mặt đường phải được ghi lại.

Số lượng phương tiện giao thông đường bộ chạy qua cần để tính sự biến đổi trung bình của tiếng ồn phát ra trong mỗi loại phương tiện giao thông đường bộ phụ thuộc vào độ chính xác theo yêu cầu. Nếu hiện tại không có sẵn thông tin tốt hơn, có thể tính độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_{sou} , trong Bảng 1 và theo Công thức (7):

$$u_{sou} = \frac{10}{\sqrt{n}} \text{ dB} \quad (7)$$

Trong đó

n là số lượng phương tiện giao thông đường bộ chạy qua.

Đối với giao thông hỗn hợp $C = 10$, riêng đối với xe hạng nặng $C = 5$ và riêng đối với xe khách $C = 2,5$. Trong mỗi trường hợp, độ không đảm bảo tiêu chuẩn chính xác hơn có thể được xác định từ các số liệu thống kê của các phép đo trực tiếp L_E của từng loại xe chạy qua tính theo chủng loại hoặc cho lưu lượng hỗn hợp đại diện.

7.2.2 Phép đo L_{max}

Mức áp suất âm lớn nhất là khác nhau giữa các loại phương tiện giao thông đường bộ. Ngoài ra, với mỗi loại phương tiện giao thông đường bộ, khoảng tin cậy của mức áp suất âm lớn nhất được tính đến cho sự khác biệt riêng rẽ giữa các loại phương tiện giao thông đường bộ và sự thay đổi tốc độ hoặc cách thức điều khiển phương tiện. Tùy thuộc vào qui định, có thể đo mức áp suất âm lớn nhất trực tiếp từ số lượng xe chạy qua xác định hoặc tính từ giá trị trung bình số học và độ lệch chuẩn sử dụng lý thuyết thống kê; xem Phụ lục H.

7.3 Giao thông đường sắt

7.3.1 Phép đo L_{eq}

Khi xác định L_{eq} , hoặc bằng phép đo trực tiếp hoặc bằng cách đo L_E của riêng các xe chạy qua, số lượng tàu chạy qua, tốc độ và độ dài tàu, hoặc cách khác, theo số lượng xe được xác định trong khoảng thời gian đo. Nếu kết quả đo được chuyển đổi sang các điều kiện giao thông khác thì phải phân biệt giữa ít nhất các loại sau: tàu cao tốc, tàu liên tỉnh, tàu chạy trong khu vực, tàu chở hàng và các tàu chạy bằng diesel. Để tăng độ chính xác đối với tàu chở hàng, cần ghi lại chiều dài tàu và loại phanh (phanh-đĩa, phanh-đạp có sử dụng gang hoặc thiêu kết).

Số lượng xe chạy qua cần để tính trung bình sự thay đổi trong phát thải tiếng ồn của từng xe phụ thuộc vào độ chính xác theo yêu cầu. Nếu không sẵn có thông tin tốt hơn, độ không đảm bảo tiêu chuẩn biểu thị bằng u_{sou} trong Bảng 1 có thể được tính bằng Công thức (8):

$$u_{sou} = \frac{10}{\sqrt{n}} \text{ dB} \quad (8)$$

Trong đó

n là số lượng xe chạy qua.

Nếu việc lấy mẫu được thực hiện mà không kể đến điều kiện vận hành, giả sử $C = 10$, trong khi việc lấy mẫu có tính đến sự xuất hiện tương đối của các loại tàu khác nhau (tàu hàng, tàu khách, v.v...), giá trị này có thể giảm xuống còn 5. Trong từng trường hợp, có thể xác định độ không đảm bảo tiêu chuẩn chính xác hơn từ các số liệu thống kê của các phép đo L_E trực tiếp của từng loại phương tiện riêng lẻ hoặc cho một hỗn hợp giao thông đại diện.

7.3.2 Phép đo L_{max}

Mức áp suất âm lớn nhất giữa các loại tàu là khác nhau. Ngoài ra, trong mỗi loại tàu đều có mức chênh lệch áp suất âm lớn nhất nhất định do sự khác biệt riêng giữa các loại xe và sự thay đổi trong điều kiện tốc độ vận hành. Tùy thuộc vào qui định, có thể đo mức áp suất âm lớn nhất trực tiếp từ số lượng xe chạy qua xác định hoặc được tính từ giá trị trung bình số học và độ lệch chuẩn sử dụng lý thuyết thống kê; xem Phụ lục H.

7.4 Giao thông đường không

7.4.1 Phép đo L_{eq}

Giá trị L_{eq} được xác định từ các phép đo L_E của một hoạt động đại diện của sân bay. Điều này bao gồm các mô hình giao thông (đường băng sử dụng, qui trình cất cánh và hạ cánh, hỗn hợp các đội bay, sự phân bố bay trong ngày) cũng như các điều kiện lan truyền tiếng ồn. Đại lượng chính để đo là mức tiếp xúc âm có trọng số A, L_{AE} , nhưng các thông số khác có thể liên quan để xác định rằng một tình huống là thuộc về máy bay. Các thông số này có thể bao gồm:

- Mức áp suất âm liên tục trọng số A với tần suất ít nhất là 10 Hz;
- Mức áp suất âm lớn nhất L_{ASmax} ;
- Dấu thời gian cho L_{ASmax} ;
- Khoảng thời gian diễn ra tình huống.

CHÚ THÍCH 1: Thông tin hữu ích bổ sung về các phép đo có thể tham khảo trong ISO 20906.

Phải nhận định từng tình huống đo về máy bay và, nếu có liên quan, được nhóm lại theo kích thước (khối lượng) và công nghệ. Số lượng các loại và sự phân loại máy bay đều phải thảo luận với các cơ quan quản lý sân bay và/hoặc các cơ quan quản lý quốc gia.

CHÚ THÍCH 2: Mã nhận dạng các loại máy bay khác nhau được nêu tại Phụ lục 16^[6] của ICAO.

Dữ liệu cần thiết được cung cấp từ cơ quan quản lý sân bay là:

- a) Số lượng hoạt động cho từng nhóm máy bay trong mỗi cửa sổ đo;
- b) Lưu lượng giao thông tham chiếu (dữ liệu lưu lượng trung bình cho mỗi loại máy bay/điều kiện hoạt động).

Đường băng có thể được sử dụng ở cả hai hướng để cất cánh và hạ cánh tùy thuộc vào cửa sổ khi tượng. Đối với các sân bay lớn hơn có hai hoặc nhiều đường băng, tình hình còn phức tạp hơn. Việc sử dụng cụ thể các đường băng được gọi là "cấu hình sân bay". Để xác định xếp hạng tổng hợp dài hạn như L_{den} hoặc L_{dn} , điều quan trọng là mỗi cấu hình được đo trong một "cửa sổ" riêng biệt và kết quả được cân nhắc theo việc sử dụng từng cấu hình trong một năm "điển hình".

Khi xác định mức xếp hạng tổng hợp theo khoảng thời gian trung bình của một ngày từ các phép đo L_E trong khoảng thời gian như một tuần hoặc tháng cho một cấu hình sân bay cụ thể, điều kiện hoạt động

TCVN 7878-2:2018

Để có thể thực hiện các phép tính về độ không đảm bảo đo theo Điều 4, cần phải ước tính độ không đảm bảo tiêu chuẩn của các điều kiện hoạt động. Một cách thực hiện điều này là lặp lại các phép đo ở khoảng cách đủ gần nguồn để làm cho các thay đổi về mức áp suất âm áp độc lập với các cửa sổ khi tượng; xem Công thức (10):

$$u_{\text{SOU}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(L_{mi} - \bar{L}_m)^2}{n-1}} \text{ dB} \quad (10)$$

Trong đó

L_{mi} là giá trị đo được đại diện cho một chu kỳ hoạt động điển hình, tính bằng dexiben (dB);

\bar{L}_m là trung bình số học của tất cả L_{mi} , tính bằng dexiben (dB);

n là tổng số của tất cả các phép đo độc lập.

7.5.2 Phép đo L_{max}

Nếu mục đích là đo mức áp suất âm lớn nhất từ các nhà máy công nghiệp, phải đảm bảo rằng chu kỳ đo bao gồm các điều kiện hoạt động của nhà máy với tiếng ồn phát ra lớn nhất xảy ra tại vị trí gần máy thu nhất. Tùy thuộc vào qui định, mức áp suất âm lớn nhất có thể được đo trực tiếp từ một số chu kỳ hoạt động xác định hoặc tính từ giá trị trung bình số học và độ lệch chuẩn sử dụng lý thuyết thống kê; xem Phụ lục H

8 Các điều kiện khí tượng

8.1 Qui định chung

Mức áp suất âm biến đổi theo các điều kiện thời tiết. Đối với đất mềm, sự biến đổi như vậy là vừa phải, khi đó áp dụng Công thức (11).

$$\frac{h_s + h_r}{D} \geq 0,1 \quad (11)$$

Trong đó

h_s là chiều cao nguồn ồn;

h_r là chiều cao điểm đo;

D là khoảng cách từ nguồn ồn tới điểm đo.

Nếu mặt đất cứng, có thể chấp nhận khoảng cách lớn hơn.

Đối với cả hai phép đo dài hạn và ngắn hạn, phải đo các thông số khí tượng. Tối thiểu, phải đo tốc độ gió, hướng gió, độ ẩm tương đối và nhiệt độ. Hơn nữa, phải cung cấp các thông tin về sự ổn định khí quyển, từ các phép đo trực tiếp hoặc gián tiếp từ vùng phủ sóng điện toán đám mây và thời gian trong ngày. Thông tin về lượng mưa cũng được cung cấp, nếu có. Với mục đích xác định điều kiện

của sân bay (mô hình giao thông và điều kiện lan truyền tiếng ồn) trong khoảng thời gian sẽ được kiểm tra nếu các điều kiện này là đại diện cho cấu hình đó.

Số lượng các tình huống âm cần để tính trung bình sự thay đổi trong phát xạ tiếng ồn máy bay riêng lẻ cho một cấu hình sân bay cụ thể phụ thuộc vào độ chính xác theo yêu cầu. Nếu không sẵn có thông tin tốt hơn, độ không đảm bảo chuẩn biểu thị u_{soU} trong Bảng 1 có thể tính bằng Công thức (9):

$$u_{\text{soU}} = \frac{C}{\sqrt{n}} \text{ dB} \quad (9)$$

Trong đó n là số lượng các tình huống âm.

Nếu việc lấy mẫu được thực hiện không tính đến điều kiện hoạt động của máy bay, giả sử $C = 4$, trong khi việc lấy mẫu có tính đến sự xuất hiện tương đối của các loại máy bay và phương thức bay, giả sử $C = 3$ cho máy bay phản lực cất cánh, $C = 4$ cho máy bay trực thăng, $C = 2$ cho tất cả các máy bay phản lực hạ cánh và $C = 3$ cho các máy bay hạ cánh khác.

Khi xác định mức xếp hạng tổng hợp cho một cấu hình sân bay cụ thể bằng phép đo L_E của tất cả các tình huống âm của máy bay có thể quan sát được trong một khoảng thời gian mà không có thông tin về điều kiện hoạt động của sân bay, độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_{soU} , do sự thay đổi trong phát xạ tiếng ồn máy bay có thể được giả định $u_{\text{soU}} = 3$ dB cho một ngày riêng, $u_{\text{soU}} = 2$ dB cho trung bình một tuần và $u_{\text{soU}} = 1$ dB trong khoảng thời gian dài hơn một tháng.

7.4.2 Phép đo L_{max}

Nếu mục đích là đo mức áp suất âm lớn nhất từ giao thông đường không trong một khu vực dân cư cụ thể, đảm bảo rằng khoảng cách đo là gần đường băng nhất trong chu kỳ đo do có các loại máy bay với tiếng ồn phát ra lớn nhất. Tùy thuộc vào qui định, mức áp suất âm lớn nhất có thể được đo trực tiếp từ số lượng xác định máy bay bay qua hoặc tính từ giá trị trung bình số học và độ lệch chuẩn sử dụng lý thuyết thống kê; xem Phụ lục H.

7.5 Các nhà máy công nghiệp

7.5.1 Phép đo L_{eq}

Điều kiện hoạt động của nguồn ồn phải được phân loại: với mỗi loại, sự biến đổi theo thời gian của tiếng ồn phát ra từ nhà máy phải tương đối ổn định theo thống kê. Sự biến đổi này phải nhỏ hơn sự biến đổi theo suy giảm của đường lan truyền do sự thay đổi các điều kiện thời tiết (xem Điều 8). -Điều kiện hoạt động sẽ được xác định theo sự hoạt động cũng như vị trí của nó; ví dụ, 1) đo các giá trị L_{eq} từ 5 min đến 10 min ở khoảng cách nào đó; 2) khoảng cách phải đủ dài để bao gồm các tiếng ồn tới từ tất cả các nguồn chính và khoảng cách đủ ngắn để giảm thiểu các hiệu ứng khí tượng (xem Điều 8) trong điều kiện hoạt động nhất định; 3) nếu giá trị L_{eq} thay đổi đáng kể, sẽ tiến hành phân loại thêm về các điều kiện hoạt động. Đo L_{eq} cho mỗi loại điều kiện hoạt động và tính kết quả L_{eq} có tính đến tần suất và thời gian của từng loại điều kiện hoạt động.

truyền âm theo hướng của khoảng cách ngắn nhất từ bộ thu đến nguồn, có thể sử dụng các cửa sổ hiển thị trong Bảng 4 để điền vào ma trận đo như đã nêu tại 6.1. Bán kính cong, R_{cur} , có thể xác định gián tiếp từ Bảng 4 hoặc tính toán từ các thông số khí tượng đo được theo Phụ lục A. D là khoảng cách phương ngang giữa nguồn và máy thu tính bằng mét. Bán kính cong là âm khi đường truyền âm cong lên trên và dấu trừ đối với tốc độ gió cho biết hướng gió từ bộ thu đến nguồn.

CHÚ THÍCH: Bảng 4 là bảng đơn giản hóa và các mô tả thay thế khác là cho phép với điều kiện chúng đảm bảo rằng các độ cong mong muốn đạt được.

Các mô tả chung được đưa ra có thể không thích hợp cho các nguồn rất cao, ví dụ, các tuabin gió, nơi các tầng khí quyển và nhiễu loạn khác nhau có thể trở nên quan trọng.

Bảng 4 – Cửa sổ khí tượng

Cửa sổ khí tượng	Dài D/R_{cur}	Giá trị đại diện D/R_{cur}	Mô tả bằng lời
M1 ^a	< -0,04	-0,08	không thuận lợi
M2 ^b	-0,04 ... 0,04	0,00	chuẩn
M3 ^c	0,04 ... 0,02	0,08	thuận lợi
M4 ^d	> 0,12	0,16	rất thuận lợi

^a giá trị điển hình của vector thành phần tốc độ gió tại 10 m, <1 m/s và <-1 m/s, tương ứng vào ngày và đêm.
^b Giá trị điển hình của vector thành phần tốc độ gió tại 10 m, 1 m/s đến 3 m/s.
^c Giá trị điển hình của vector thành phần tốc độ gió tại 10 m, 3 m/s đến 6 m/s.
^d Giá trị điển hình của vector thành phần tốc độ gió tại 10 m, > 6 m/s và ≥ -1 m/s, tương ứng vào ngày và đêm.

8.2 Điều kiện truyền âm thuận lợi

Nếu chỉ thực hiện một hoặc một vài phép đo ngắn hạn, thì phải thực hiện trong điều kiện truyền âm thuận lợi hoặc rất thuận lợi (Cửa sổ khí tượng M3 hoặc M4) hoặc khi áp dụng Công thức (11). Trong trường hợp đó, nếu không có thông tin tốt hơn, thì độ không đảm bảo tiêu chuẩn là:

$$u_{met,fav} = 2 \text{ dB} \quad (12)$$

đối với khoảng cách $D \leq 400$ m. Đối với khoảng cách $D > 400$ m, áp dụng Công thức (13):

$$u_{met,fav} = \left(1 + \frac{D}{400m} \right) \text{ dB} \quad (13)$$

Điều này có thể không hoàn toàn phù hợp với tiếng ồn của máy bay khi hướng cất cánh và hạ cánh phụ thuộc vào vector thành phần gió dọc theo đường băng. Ở một số vị trí micro, có thể không bao giờ có bất kỳ sự truyền âm thuận lợi nào.

8.3 Ảnh hưởng của lượng mưa đến các phép đo

Lượng mưa trên màn chắn gió có thể tạo ra tiếng ồn giả. Có thể loại bỏ các kết quả đo thu được trong các điều kiện như vậy nếu không thì phải chứng minh là ảnh hưởng đó không đáng kể. Sau khi tạnh

TCVN 7878-2:2018

mưa, các đặc tính âm của màn chắn gió có thể thay đổi. Đối với màn chắn gió tiêu chuẩn (đường kính 9 cm), hiệu ứng này có thể là đáng kể đối với tần số cao hơn 1 kHz nếu lượng mưa lớn hơn 1 mm. Trong trường hợp này, nó vẫn là đáng kể trong khoảng thời gian, T, cần thiết để màn chắn gió được khô ráo.

Có thể ước tính T theo Công thức (14):

$$T = 16,3 \lg (7,4 \lg (h) + 1,5) - 2,8; \quad h \geq 1 \quad (14)$$

Trong đó

T là giá trị bằng số của thời gian, tính bằng giờ;

h là giá trị bằng số của lượng mưa, tính bằng milimet.

CHÚ THÍCH: Công thức (14) chỉ có thể được coi là một ví dụ vì các thông số như tốc độ gió, bức xạ mặt trời trực tiếp và độ ẩm tương đối trong thực tế có thể có ảnh hưởng đáng kể^[17].

Khi ảnh hưởng của mưa là đáng kể, vẫn có thể sử dụng các dữ liệu đo được với điều kiện là có tính đến độ không đảm bảo đo.

9 Quy trình đo

9.1 Chọn khoảng thời gian đo

9.1.1 Các phép đo dài hạn

Bao gồm nhiều cửa sổ phát và truyền âm quan trọng càng tốt. Phân tích các phép đo để tránh bất kỳ sai lệch nào trong các điều kiện hoạt động của nguồn. Điều kiện hoạt động của nguồn, ví dụ: thành phần giao thông và điều kiện về lưu lượng xe, sẽ đại diện càng nhiều càng tốt để giảm thiểu các hiệu chỉnh sau này. Điều này đặc biệt quan trọng nhằm bao gồm các cửa sổ đóng góp nhiều nhất cho L_{eq} dài hạn. Nếu điều kiện truyền âm hoặc cửa sổ phát thay đổi rất rõ rệt giữa các mùa khác nhau trong năm, ví dụ như lớp xe mùa đông và lớp phủ tuyết, thì có thể cần phải tiến hành đo trong một vài mùa khác nhau để đạt được độ không đảm bảo đo thấp.

L_{den} đối với tiếng ồn công nghiệp không đối được xác định theo các giá trị vào ban đêm.

9.1.2 Các phép đo ngắn hạn

Chọn khoảng thời gian đo để bao gồm tất cả các biến đổi đáng kể về nguồn phát tiếng ồn. Nếu tiếng ồn có tính chu kỳ, khoảng thời gian đo phải bao gồm một số nguyên của một số khoảng thời gian. Nếu các phép đo liên tục không thể thực hiện được theo chu kỳ như vậy, thì các khoảng thời gian đo phải được chọn sao cho mỗi khoảng thời gian đo đại diện cho một phần của chu kỳ và để đồng thời, các khoảng thời gian đo đó đại diện cho toàn bộ chu kỳ. Kết quả đo đại diện có thể được mở rộng theo thời gian để bao gồm khoảng thời gian mà chúng đại diện và kết hợp để đưa ra các kết quả mới.

Nếu tiếng ồn là từ các tình huống đơn lẻ (ví dụ máy bay bay qua, trong đó tiếng ồn thay đổi khi bay và không có trong một phần thời gian đáng kể của khoảng thời gian tham chiếu), các khoảng thời gian đó phải được chọn sao cho có thể xác định được mức tiếp xúc âm, $L_{E,T}$, của tình huống đơn lẻ.

Đối với các phép đo ngắn-hạn đòi hỏi các điều kiện thuận lợi liên quan đến việc lan truyền âm qua khoảng cách không bao gồm trong Công thức (11), thời gian trung bình tối thiểu để hài hòa các cửa sổ khí tượng thực tế là 10 phút. Tuy nhiên, có thể cần thời gian lâu hơn để đạt được đủ điều kiện nguồn trung bình.

9.2 Vị trí đặt micro

9.2.1 Ngoài trời

9.2.1.1 Lựa chọn vị trí đo

Phải chọn vị trí cho các micro nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của âm dư từ các nguồn âm không liên quan.

CHÚ THÍCH: Một số hướng dẫn trong việc lựa chọn vị trí đo được nêu trong Phụ lục C.

9.2.1.2 Lựa chọn vị trí micro

Chọn một trong các loại vị trí sau:

- a) Để đánh giá tình hình tại một vị trí cụ thể, hãy sử dụng micro tại vị trí cụ thể đó.
- b) Đối với các mục đích khác, sử dụng một trong các vị trí sau:
 - 1) Trường âm tới (điều kiện tham chiếu).

CHÚ THÍCH 1: Đây là trường hợp trường tự do thực tế hoặc trường hợp mang tính lý thuyết cho trường hợp trường âm tự do được giả định trên mức áp suất âm nền của trường âm tới bên ngoài tòa nhà được tính từ các kết quả đo gần công trình xây dựng; xem 2) và 3). Trường âm tới bao gồm tất cả các hướng âm phản xạ, nếu có, từ mọi công trình xây dựng phía sau vị trí đặt micro, đều được loại bỏ. Vị trí phía sau một ngôi nhà mà hoạt động như một rào cản cũng được coi như là vị trí trong trường hợp âm tới nhưng trong trường hợp này các vị trí 2) và 3) là không liên quan và sự phản xạ âm từ phía sau công trình xây dựng cũng được tính đến.

- 2) Vị trí micro gắn ngang bằng với bề mặt phản xạ âm.

Trong trường hợp này, sử dụng hiệu chỉnh để có trường tự do đến 6 dB. Nó là 5,7 dB nếu đáp ứng các điều kiện trong Phụ lục B. Đối với các điều kiện khác, phải áp dụng các hiệu chỉnh khác.

CHÚ THÍCH 2: +6 dB là chênh lệch giữa micro được gắn ở bề mặt và micro trường tự do trong trường hợp lý tưởng. Trên thực tế, sẽ xảy ra độ lệch nhỏ từ giá trị này. Xem Phụ lục B để được hướng dẫn thêm.

- 3) Vị trí đặt micro từ 0,5 m đến 2 m phía trước bề mặt phản xạ

Trong trường hợp này, sử dụng hiệu chỉnh để có trường tự do đến 3 dB. Nó là 3 dB nếu đáp ứng các điều kiện trong Phụ lục B. Đối với các điều kiện khác, phải áp dụng các hiệu chỉnh khác.

CHÚ THÍCH: Sự chênh lệch giữa mức áp suất âm tại vị trí đặt micro 2 m phía trước bề mặt công trình và vị trí đặt micro trong trường âm tự do là gần bằng 3 dB trong trường hợp lý tưởng tại nơi mà không có

TCVN 7878-2:2018

âm phản xạ theo phương thẳng đứng khác gây nhiễu cản trở tới sự truyền âm tới thiết bị thu âm được nghiên cứu. Trong các trường hợp phức tạp hơn (ví dụ, mật độ công trình xây dựng cao tại vị trí đo, hẻm phố v.v..) sự chênh lệch này có thể lớn hơn. Thậm chí, ngay cả trong trường hợp lý tưởng, vẫn có thể còn có một vài hạn chế. Đối với trường âm tới là đồng cò, vị trí này không được khuyến nghị vì chênh lệch có thể lớn hơn. Xem Phụ lục B để có hướng dẫn đầy đủ hơn.

Về nguyên tắc, có thể sử dụng bất cứ vị trí nào được mô tả trong điều này miễn là vị trí sử dụng được ghi vào báo cáo và chỉ rõ có hay không sự hiệu chỉnh tới điều kiện chuẩn được xây dựng. Trong một vài trường hợp cụ thể, các vị trí mô tả trong điều này có các hạn chế bổ sung.

Để lập bản đồ chung, nếu không có quy định khác, sử dụng micro có chiều cao $(4,0 \pm 0,2)$ m trong các khu vực dân cư nhiều nhà cao tầng.

9.2.2 Trong nhà

Sử dụng ít nhất ba vị trí đo riêng biệt phân bố đều trong diện tích của phòng nơi có ảnh hưởng tới con người sử dụng nhiều nhất, hoặc đối với tiếng ồn liên tục, thì sử dụng hệ thống micro chuyển động.

Nếu nghi ngờ có tiếng ồn tần số thấp là lớn, thì một trong ba vị trí đo phải đặt ở góc và không được phép sử dụng hệ thống micro quay. Vị trí ở góc phải cách 0,5 m tới tất các bề mặt bao quanh của góc đối với các bức tường dày nhất và không có bất kỳ chỗ tường hờ nào gần hơn 0,5 m.

Các micro khác phải đặt tại các vị trí cách tường, sàn, trần ít nhất 0,5 m và cách ít nhất 1 m từ các khu vực truyền âm chính như cửa sổ, đường thông khí. Khoảng cách giữa các micro phải ít nhất là 0,7 m. Nếu sử dụng micro chuyển động liên tục được, thì bán kính quét phải ít nhất là 0,7 m. Mặt phẳng quét ngang hơi nghiêng để có thể bao trùm mọi không gian của phòng và không nằm trong mặt phẳng lệch 10° với bất cứ bề mặt nào của phòng. Các yêu cầu trên liên quan đến khoảng cách từ các vị trí micro riêng biệt đến tường, trần, sàn và môi trường truyền âm cũng áp dụng cho các vị trí micro chuyển động. Thời gian của chu kỳ truyền âm phải không nhỏ hơn 15 s.

CHÚ THÍCH 1: Trong trường hợp mà chỉ sử dụng phép đo theo trọng số A và chỉ có sự đóng góp nhỏ của mức trọng số A đến tần số thấp, thì có thể sử dụng một vị trí micro là đủ.

CHÚ THÍCH 2: Các quy trình trên chủ yếu dành cho các phòng có thể tích $< 300 \text{ m}^3$. Đối với các phòng lớn hơn, nhiều vị trí micro hơn có thể phù hợp.

CHÚ THÍCH 3: Quy chuẩn quốc gia có thể quy định các quy tắc khác nhau để xác định các vị trí đo.

9.3 Phương pháp đo

9.3.1 Phép đo không quan trắc dài hạn

9.3.1.1 Đại lượng đo

Thiết bị quan trắc sẽ đo liên tục và sẽ lưu trữ các mức áp suất âm trọng số A của tổng âm theo dạng chuỗi thời gian của các mức áp suất âm trung bình một giây hoặc ít hơn. Dữ liệu khí tượng liên quan phải được ghi lại. Các đại lượng khác là tùy chọn.

9.3.1.2 Dấu thời gian

Hệ thống quan trắc âm của các tình huống riêng biệt phải có một đồng hồ chính xác để nhận biết ngày tháng và thời gian trong ngày cho mỗi phép đo các tình huống âm và các hiện tượng liên quan.

9.3.1.3 Phát hiện tình huống

Việc quan trắc tự động dài hạn các tình huống đơn lẻ chỉ có thể xảy ra khi các tình huống liên quan được phát hiện và nhận biết một cách đáng tin cậy và chính xác để được đưa vào hoặc loại trừ khỏi kết quả. Tùy theo tình huống có thể sử dụng các kỹ thuật nhận dạng khác nhau. Phải ước tính và báo cáo độ không đảm bảo do kỹ thuật nhận dạng gây ra.

9.3.2 Các phép đo ngắn hạn

9.3.2.1 Quy định chung

Một hoặc một vài đại lượng sau đây sẽ được đo.

9.3.2.2 Mức áp suất âm liên tục tương đương trong khoảng thời gian T , $L_{eq,T}$

Đối với trung bình ngắn hạn, đo trong các dải tần số trong ít nhất 30 min để tính trung bình các biến đổi khí tượng trong đường truyền âm, nếu không thì theo Công thức (11) hoặc trong môi trường truyền âm thuận lợi; xem 8.2. Trong trường hợp đó, 10 min thường là đủ. Những thời gian tối thiểu này sẽ được tăng lên để có được một mẫu đại diện của điều kiện hoạt động của nguồn; xem Điều 7.

CHÚ THÍCH: Cần có các dữ liệu băng tần một octa hoặc một phần ba octa để hiệu chỉnh sử dụng các phương pháp dự đoán.

9.3.2.3 Mức tiếp xúc âm trong khoảng thời gian T , $L_{E,T}$

Đo số lượng tối thiểu các tình huống của hoạt động nguồn như quy định tại Điều 7. Đo từng tình huống trong một khoảng thời gian đủ dài để bao gồm tất cả các đóng góp tiếng ồn quan trọng. Đối với các phương tiện đi qua, đo cho đến khi mức áp suất âm giảm ít nhất 10 dB dưới mức áp suất âm lớn nhất được ghi lại trong quá trình đi qua thực. Tách biệt giữa các loại xe khác nhau như đã xác định bằng phương pháp dự đoán phù hợp.

CHÚ THÍCH: Cần có các dữ liệu băng tần một octa hoặc một phần ba octa để hiệu chỉnh sử dụng các phương pháp dự đoán.

9.3.2.4 Mức N phần trăm vượt trội trong khoảng thời gian T , $L_{N,T}$

Trong khoảng thời gian đo, ghi lại giá trị $L_{eq,t}$ trong thời gian ngắn (khi $t \leq 1s$) ít nhất một lần một giây hoặc ghi lại mức áp suất âm với thời gian lấy mẫu nhỏ hơn hằng số thời gian của trọng số thời gian đã sử dụng. Khoảng phân loại trong các kết quả ghi được xếp loại phải là 1,0 dB hoặc nhỏ hơn. Các thông số cơ bản và, khi có thể áp dụng, trọng số thời gian, của chu kỳ ghi và khoảng phân định sử dụng để xác định $L_{N,T}$ phải được báo cáo (ví dụ "dựa trên cơ sở lấy mẫu trong khoảng thời gian 10 ms của L_F với khoảng phân loại 0,2 dB" hoặc "Dựa trên cơ sở L_{eq1s} , độ rộng khoảng phân loại là 1,0 dB").

TCVN 7878-2:2018

9.3.2.5 Mức áp suất âm lớn nhất theo trọng số thời gian, $L_{F,max}$, $L_{S,max}$

Khi sử dụng trọng số thời gian F hoặc S, như quy định, đo $L_{F,max}$ hoặc $L_{S,max}$ cho các tình huống có số lượng qui định của các điều kiện hoạt động nguồn âm như quy định tại Điều 6. Ghi lại từng kết quả đo.

9.3.2.6 Âm đơn

Nếu đặc trưng của tiếng ồn tại vị trí máy thu bao gồm (các) âm đơn nghe được, phải thực hiện phép đo khách quan các âm sắc nổi bật. Lựa chọn các vị trí micro đối với hầu hết (các) đơn âm nghe được và thực hiện các phân tích như mô tả tại Phụ lục J đối với các phương pháp kỹ thuật và tại Phụ lục K đối với phương pháp khảo sát.

CHÚ THÍCH 1: Nói chung, các phân tích đơn âm của tiếng ồn trong nhà không được khuyến nghị do phương thức thể hiện của các đơn âm trong các phòng. Đối với một vài dải tần số, đơn âm cũng không rõ ràng tại các vị trí micro phía trước của bề mặt công trình.

CHÚ THÍCH 2: Một số quy chuẩn quốc gia cho phép đánh giá mang tính khách quan để mô tả âm đơn.

9.3.2.7 Âm xung

Chưa có tiêu chuẩn chung (quốc tế) để xác định âm xung bằng các phép đo khách quan. Nếu có âm xung, xác định nguồn và so sánh với danh mục các nguồn âm xung trong TCVN 7878-1 (ISO 1996-1). Ngoài ra, phải đảm bảo rằng âm xung mang tính đại diện và có mặt trong khoảng thời gian đo.

CHÚ THÍCH: Các ví dụ về các phương pháp đo khách quan đối với âm xung, như NT ACOU 112^[7] và BS 4142^[8].

9.3.2.8 Âm tần số thấp

Trong nhà, đo tại ba vị trí như quy định tại 9.2.2. Ngoài trời, đo trong trường âm tự do hoặc trực tiếp trên các bề mặt công trình, xem Phụ lục B.

Các phương pháp trong tiêu chuẩn này có giá trị chung giảm đến dải octa 16 Hz. Tuy nhiên, với các phép đo tần số thấp, vị trí micro phải cách ít nhất 16 m tính từ bề mặt phản xạ âm gần nhất có ảnh hưởng đáng kể so với mặt đất để phép đo được thực hiện trong trường âm tự do (trường âm tới).

CHÚ THÍCH 1: Vị trí micro phía trước của bề mặt phản xạ đã đề cập trong 9.2.1.2 b) chưa được xác định đối với các phép đo âm có tần số thấp.

CHÚ THÍCH 2: Đối với phân tích phổ tần số thấp, quy tắc $BT \gg 1$ (trong đó B = băng thông tính bằng Hz và T = thời gian đo tính bằng s) là rất quan trọng cần lưu ý để tránh chênh lệch quá nhiều trong phép đo. Đặc biệt, phải chú ý khi lấy dữ liệu dựa trên các số liệu hàng ngày tự động, khi có thể sử dụng các đoạn ghi liên tục ngắn. Tần số thấp hơn đòi hỏi thời gian trung bình dài hơn.

Do đó, tại 10 Hz, khi băng thông của phân tích một phần ba octa là 2,3 Hz, nên sử dụng các mẫu đo liên tục có thời lượng ít nhất là 5 s. Tại 50 Hz, băng thông là 11,6 Hz và có thể chấp nhận lấy dữ liệu dựa trên các mẫu 1 s. Những ví dụ này dựa trên BT xấp xỉ bằng 10 tương ứng với độ lệch chuẩn lý thuyết là 1,4 dB đối với các kết quả đo cho tiếng ồn trắng.

9.3.3 Âm dư

Khi đo tiếng ồn môi trường, âm thanh dư thường có vấn đề. Một nguyên nhân mà các quy định yêu cầu tiếng ồn từ các loại nguồn âm khác nhau phải được xử lý riêng biệt. Việc xử lý riêng biệt này ví dụ, tách tiếng ồn giao thông khỏi tiếng ồn công nghiệp, thường là rất khó đạt được trong thực tế. Một nguyên nhân khác là phép đo chuẩn được thực hiện ngoài trời. Tiếng ồn của gió, tác động trực tiếp lên micro, tác động gián tiếp lên cây cối, công trình xây dựng v.v... cũng có thể gây ảnh hưởng đến kết quả đo. Đặc tính của các nguồn ồn này là rất khó đo thậm chí không thể thực hiện bằng bất kỳ việc hiệu chỉnh nào. Tuy nhiên, để thực hiện các hiệu chỉnh (xem 10.4) và để xác định độ không đảm bảo (xem Điều 4) thì cần thiết phải đo âm dư và xác định độ không đảm bảo tiêu chuẩn của nó.

CHÚ THÍCH: Một số hướng dẫn về cách xác định âm dư được nêu trong Phụ lục I.

9.3.4 Dải tần số của các phép đo

Nếu phải tiến hành phân tích tiếng ồn mà không có những quy định khác, thì đo mức áp suất âm sử dụng các bộ lọc dải octa có các tần số trung tâm dưới đây: 63 Hz; 125 Hz; 250 Hz; 500 Hz; 1000 Hz; 2000 Hz; 4000 Hz; 8000 Hz.

Đối với các ứng dụng tần số thấp, mở rộng phạm vi xuống đến 16 Hz. Tùy chọn, các phép đo có thể được thực hiện trong các dải một phần ba octa với tần số trung tâm bao gồm các dải octa nêu trên.

9.3.5 Phép đo các thông số khí tượng

Các thông số khí tượng sau đây cần được đo:

- a) Vận tốc gió;
- b) Hướng gió, nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối;
- c) Lượng mưa;
- d) Ổn định khí quyển (tùy chọn, có thể xác định gián tiếp từ lớp mây và thời gian trong ngày).

Tốc độ gió và hướng gió phải được đo ở độ cao 10 m.

Thực tế của các khảo sát tại hiện trường có thể đòi hỏi độ cao thấp hơn nhưng việc sử dụng độ cao thấp hơn 10 m để đo vận tốc gió và hướng gió sẽ làm tăng độ không đảm bảo đo như dữ liệu và kinh nghiệm sử dụng trong tài liệu này dựa trên các phép đo tại 10 m.

10 Đánh giá kết quả đo

10.1 Qui định chung

Loại bỏ tất cả dữ liệu bao gồm các tình huống không mong muốn (xem Phụ lục E) hoặc với âm dư quá cao (xem Phụ lục I). Hiệu chỉnh các giá trị đo bên ngoài nhà theo vị trí micro tham chiếu (xem Phụ lục D) đó là mức trường âm tự do, không bao gồm tất cả các phản xạ từ mặt trước ngay sau micro nhưng bao gồm tất cả các phản xạ từ mặt đất và các vật thẳng đứng khác nhưng mặt nằm ngay phía sau. Sau đó, nếu có liên quan:

TCVN 7878-2:2018

- a) Ấn định từng mẫu cho một cửa sổ cụ thể (dựa trên cửa sổ khí tượng và/hoặc hoạt động),
- b) Hiệu chỉnh cho âm dư theo Công thức (16) hoặc loại bỏ mẫu nếu có quá ồn,
- c) Hiệu chỉnh từng mẫu theo các điều kiện tham chiếu bao gồm lưu lượng giao thông và các điều kiện khí quyển tham chiếu (xem hướng dẫn tại Phụ lục D),

CHÚ THÍCH 1: Các điều kiện tham chiếu thường khác nhau giữa ngày, tối và đêm.

- d) Tính toán $L_{eq,T}$ trên mỗi cửa sổ theo Công thức (15):

$$L_{eq,T} = 10 \lg \frac{\sum_i^N \Delta T_i 10^{0,1L_{eq,i}}}{\sum_i \Delta T_i} \text{ dB} \quad (15)$$

trong đó ΔT_i là khoảng thời gian của mỗi chu kỳ đo.

CHÚ THÍCH 2: Nếu đã đo L_g , L_{eq} có liên quan được tính toán như mô tả trong 10.6.2.

- e) Dựa trên tần suất xuất hiện trong khoảng thời gian thích hợp, các cửa sổ hiện tại được kết hợp với nhau theo Công thức (6).
- f) Xác định độ không đảm bảo đo theo các nguyên tắc được nêu trong Điều 4 và các phụ lục.

10.2 Xác định $L_{E,T}$, $L_{eq,T}$ và $L_{N,T}$

10.2.1 Xác định $L_{E,T}$ và $L_{eq,T}$

Đối với từng vị trí micro và từng loại điều kiện hoạt động của nguồn, xác định năng lượng trung bình của các giá trị $L_{E,T}$ hoặc $L_{eq,T}$.

CHÚ THÍCH: Hướng dẫn cách hiệu chỉnh $L_{eq,T}$ để thu được các mức đánh giá được nêu trong TCVN 7878-1 (ISO 1996-1).

10.2.2 Xác định $L_{N,T}$

Phân tích các giá trị lấy mẫu theo thống kê để có được mức thống kê, $L_{N,T}$ cho N %.

10.3 Xử lý dữ liệu không đầy đủ hoặc bị hỏng

10.3.1 Qui định chung

Hệ thống quan trắc hoặc một trong các trạm của nó có thể ngừng thu thập hoặc xử lý dữ liệu âm hợp lệ do mất điện, âm gió quá mức, sự cố thiết bị, v.v... Phải thực hiện phương án dự phòng để cảnh báo cho nhà điều hành về điều kiện như vậy, nhằm thúc đẩy hoạt động trở lại sẵn sàng và giảm thiểu sự mất các dữ liệu. Trong trường hợp dữ liệu bị mất hoặc bị vô hiệu hóa một cách không hợp lý, các phép tính mức âm sẽ được sửa đổi thích hợp. Ví dụ, nếu phát sinh một vài giờ thời gian chết vào một ngày nhất định, quy trình trung bình để xác định mức áp suất âm A được cộng dồn hàng ngày sẽ được thực hiện chỉ trong những giờ có dữ liệu, thay vì cho cả ngày. Một cách tiếp cận khác có thể là chỉ có những giờ ban ngày hoặc ban đêm được tính đến mà các điều kiện đo được chấp nhận. Tất cả các dữ liệu đó sẽ được gắn cờ để chỉ ra các trường hợp này.

TCVN 7878-2:2018

S_k được tính theo Công thức (19) :

$$S_k^2 = \left(\frac{1}{N_m - 1} \sum_{i=1}^{N_m} (10^{0,1L_i} - 10^{0,1L_k})^2 \right) \quad (19)$$

trong đó L_i là giá trị đo đại diện cho một phép đo độc lập trong cửa sổ k , tính bằng dexiben (dB).

CHÚ THÍCH 1: Tiến hành các phép đo lặp lại bằng cách sử dụng cùng một thiết bị mà càng không phụ thuộc càng tốt vào độ không đảm bảo của hệ thống thiết bị đo đang quan tâm.

CHÚ THÍCH 2: Nếu sự chênh lệch giữa các L_i là nhỏ, thì Công thức (17) đến (19) có thể được thay thế bằng Công thức (20):

$$u_k = 10 \lg \sqrt{\sum_{i=1}^{n_k} \frac{(L_i - L_k)^2}{n_k - 1}} \text{ dB} \quad (20)$$

CHÚ THÍCH 3: Độ lệch chuẩn của giá trị trung bình được đưa ra theo độ lệch chuẩn của các giá trị quan sát chia cho căn bậc hai của số lần quan sát.

10.6 Xác định L_{den}

10.6.1 Xác định từ các phép đo L_{eq} dài hạn

Thực hiện các phép tính theo các bước sau.

- Loại bỏ các dữ liệu không cần. Phụ lục E nêu một số hướng dẫn về cách thực hiện.
- Phân chia dữ liệu vào các cửa sổ khác nhau và hiệu chỉnh đối với âm dư và các điều kiện tham chiếu.
- Dùng công thức (6) và tần suất xuất hiện theo thống kê khí tượng để xác định L_{day} , $L_{evening}$ và L_{night} .
- Tính L_{den} .

10.6.2 Xác định từ các phép đo L_E dài hạn của các tình huống riêng lẻ

Nguyên tắc để xác định L_E trung bình cho từng loại tình huống, là chuyển đổi thành năng lượng và sau đó cộng tất cả các tình huống được dự đoán xảy ra trong khoảng thời gian nghiên cứu và cuối cùng chuyển sang L_{eq} trong khoảng thời gian quan tâm. Việc xác định được thực hiện theo các bước sau :

- Loại bỏ các tình huống không cần.
- Phân các tình huống được đo thành các loại nguồn và các cửa sổ khí tượng có liên quan.
- Đối với mỗi cửa sổ khí tượng, k , và mỗi loại nguồn, i , xác định mức tiếp xúc âm trung bình $L_{E,i,k}$.

Đối với mỗi cửa sổ khí tượng, k , tính $L_{day,k}$ khi sử dụng Công thức (21):

$$L_{day,k} = 10 \lg \left(\sum_i N_{ref,i} \times 10^{0,1L_{E,i,k}} \right) \text{ dB} - 10 \lg(t_{day} \times 3600) \text{ dB} \quad (21)$$

10.3.2 Âm (của) gió

Lấy dữ liệu trong điều kiện có gió sẽ làm tăng độ không đảm bảo đo và có thể gây ảnh hưởng bất lợi đến độ chính xác của dữ liệu. Nếu biết vận tốc gió cục bộ tại vị trí micro tại thời điểm của từng tình huống âm, thì điều này phải nêu trong báo cáo. Đối với vận tốc gió tạo ra tiếng ồn gần hơn 5 dB so với mức cần đo, thì dữ liệu đo được sẽ được gán cờ.

CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp, các hiệu ứng gió có thể được xác định bởi phổ tần số cụ thể của âm gió (thường là âm dài tần số cao áp đảo âm tần số thấp).

10.4 Hiệu chỉnh mức cho âm dư

Nếu mức áp suất âm dư là 3 dB hoặc nhỏ hơn dưới mức áp suất âm đo được, thì không được phép hiệu chỉnh. Độ không đảm bảo đo sẽ lớn. Tuy nhiên, vẫn phải báo cáo các kết quả đo, và có thể có ích để xác định đường giới hạn trên đối với mức áp suất âm của nguồn ồn đang được thử nghiệm. Nếu các dữ liệu như vậy được báo cáo, thì phải nêu rõ dữ liệu trong văn bản báo cáo cũng như biểu đồ và bảng các kết quả, rằng các yêu cầu của phương pháp thử này chưa được đầy đủ.

Đối với các trường hợp khi mức áp suất âm dư cao hơn 3 dB so với mức áp suất âm đo được, thì mức này phải được hiệu chỉnh theo Công thức (16):

$$L = 10 \lg(10^{L'/10} - 10^{L_{res}/10}) \text{ dB} \quad (16)$$

trong đó:

L là mức áp suất âm đã hiệu chỉnh, tính bằng dexiben (dB);

L' là mức áp suất âm đo được, tính bằng dexiben (dB);

L_{res} là mức áp suất âm dư, tính bằng dexiben (dB).

10.5 Xác định độ không đảm bảo tiêu chuẩn

Độ không đảm bảo được xác định trực tiếp từ các phép đo là độ không đảm bảo kết hợp của phát xạ do nguồn và các cửa sổ khí tượng. Nó sẽ được xác định riêng cho từng giai đoạn liên quan, như ngày, tối, đêm và, nếu cần, cũng có thể xác định cho các mùa khác nhau.

Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của phép đo trong cửa sổ k , u_k , xác định bằng công thức (17):

$$u_k = 10 \lg(10^{0,1L_k} + S_k) \text{ dB} - L_k \quad (17)$$

trong đó

L_k là mức áp suất âm của năng lượng trung bình đo được cho các phép đo độc lập N_m trong cửa sổ khí tượng và phát xạ k , tính bằng dexiben (dB), tính bằng Công thức (18):

$$L_k = 10 \lg\left(\frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} 10^{0,1L_i}\right) \text{ dB} \quad (18)$$

Trong đó

$N_{ref,i}$ là giá trị trung bình thống kê hàng năm về số tình huống đơn lẻ của loại nguồn i ;

t_{day} là giá trị bằng số của khoảng thời gian trong ngày, tính theo giờ.

Các công thức tương ứng có giá trị cho $L_{evening}$ và L_{night} .

- d) Dùng công thức (6) và tần suất xuất hiện theo thống kê khí tượng để xác định L_{day} , $L_{evening}$ và L_{night} .
- e) Tính L_{den} .

10.6.3 Xác định từ các phép đo ngắn hạn

Trong trường hợp này, các phép đo có thể thực hiện:

- a) Tại khoảng cách ngắn, xem Công thức (11) giảm thiểu ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, hoặc
- b) Trong điều kiện truyền âm thuận lợi như mô tả tại 8.2. hoặc
- c) Trong điều kiện truyền âm hỗn hợp.

Trong trường hợp a) sử dụng phương pháp dự đoán để chuẩn hóa các mức áp suất âm đo được đối với điều kiện lưu lượng giao thông trong khoảng thời gian tham chiếu, đó là ngày, tối và đêm. Các giá trị thu được lấy theo L_{day} , $L_{evening}$ và L_{night} tương ứng. Đối với các nguồn tiếng ồn công nghiệp, mỗi nguồn phải có trọng số thời gian để tính đến thời gian hoạt động thực tế.

Trong trường hợp b) và c) tiến hành như sau:

- a) Chuẩn hóa các mức áp suất âm đo được theo các điều kiện lưu lượng giao thông của các khoảng thời gian tham chiếu, đó là ngày, tối và đêm.
- b) Sử dụng các thống kê khí tượng để xác định tỷ lệ thời gian p_i cho mỗi cửa sổ khí tượng M_i (xem 8.1) phân biệt giữa ngày, tối và đêm.
- c) Để các điều kiện thuận lợi trong các phép đo được thể hiện bằng cửa sổ khí tượng $M3$ (phổ biến nhất trong ngày) hoặc $M4$ (phổ biến nhất trong thời gian đêm).

1) Trường hợp b): Sử dụng phương pháp dự đoán để tính mức áp suất âm cho từng loại trong bốn loại khí tượng như nêu tại Bảng 4. Tính chênh lệch Δ_i giữa mỗi loại khí tượng i và $M3$ hoặc $M4$ ($\Delta_4 = 0$ dB), cho bất cứ loại nào được đo.

Sử dụng phương pháp dự đoán để tính L_{eq} sử dụng các điều kiện hoạt động tương tự cho mỗi loại trong bốn cửa sổ khí tượng từ $M1$ đến $M4$. Đối với mỗi loại, xác định chênh lệch cho cửa sổ được đo ($M3$ hoặc $M4$). Áp dụng chênh lệch này cho giá trị đo được để có được các giá trị đo mô phỏng cho các cửa sổ khí tượng khác.

2) Trường hợp c): Sử dụng các mức ồn đo được trong điều kiện truyền âm đã chọn để ước tính chênh lệch Δ_i giữa mỗi cửa sổ khí tượng i và $M3$, $M4$ tương ứng ($\Delta_4 = 0$ dB).

d) Tính L_{day} , sử dụng Công thức (22):

$$L_{day} = 10 \lg \left(\sum_{i=1} P_i 10^{0,1(t_i + \Delta_i)} \right) dB \quad (22)$$

Trong đó

L_i là giá trị đo được trong cửa sổ khí tượng M_i đã hiệu chỉnh để có hiệu lực cho lưu lượng giao thông của ngày trung bình hàng năm và tính trung bình trên số lượng các phép đo thực hiện dưới điều kiện M_i , tính bằng dexiben (dB);

p_i và Δ_i được xác định tại b) và c) ở trên.

e) Tính $L_{evening}$ cho phù hợp.

f) Tính L_{night} cho phù hợp.

g) Tính L_{den} .

10.7 Mức lớn nhất, L_{max}

Đối với từng vị trí micro và từng loại các điều kiện hoạt động của nguồn, xác định các giá trị dưới đây từ các giá trị L_{max} , bất cứ khi nào có liên quan:

- Giá trị cực đại;
- Giá trị trung bình số học;
- Giá trị năng lượng trung bình;
- Độ lệch chuẩn;
- Sự phân bố thống kê.

Sử dụng các giá trị ở trên để xác định L_{max} mong muốn.

CHÚ THÍCH: Phụ lục H cung cấp các hướng dẫn về cách tính các giá trị L_{max} khác nhau.

11 Phép ngoại suy cho các vị trí khác

11.1 Qui định chung

Phép ngoại suy của các kết quả đo thường được sử dụng để đánh giá mức áp suất âm tại các vị trí khác. Như vậy phép ngoại suy là rất hữu ích, ví dụ, khi âm dư ngăn cản phép đo trực tiếp tại vị trí đặt máy thu.

11.2 Phép ngoại suy bằng các phép tính

Các phép đo tiếng ồn phải được thực hiện tại các vị trí được xác định rõ, không quá gần (không ở trong trường gần của một vài bộ phận của nguồn) mà cũng không quá xa (dự đoán chính xác sự suy giảm ở mức mong muốn) từ nguồn phát do sự mở rộng của nguồn. Bằng cách tính sự suy giảm âm, lấy điểm đo trong truyền âm từ nguồn đến điểm đo, thiết lập việc đánh giá nguồn phát tiếng ồn. Việc

đánh giá này sau đó được sử dụng để tính mức áp suất âm tại máy thu cách xa nguồn ồn hơn so với vị trí đo trung gian.

Để thực hiện việc tính toán độ suy giảm của âm khi truyền âm, sử dụng phương pháp tính nếu cần; xem Điều 12. Phải chọn vị trí đo trung gian để phép đo có thể tin cậy và việc tính toán thuận tiện. Ví dụ, không có vật cản trở giữa nguồn và micro và chiều cao của vị trí đặt micro được tối ưu để giảm thiểu ảnh hưởng của các điều kiện khí tượng trong suốt quá trình đo.

11.3 Phép ngoại suy bằng các hàm suy giảm đo được

Các phép đo tiếng ồn phải được thực hiện tại vị trí ước lượng mong muốn và, đồng thời, tại vị trí tham chiếu tương đối gần với nguồn (nhưng vẫn nằm ngoài vùng gần thuộc một số phần của nguồn), tốt nhất là giữa vị trí đầu tiên và của bản thân nguồn đó. Vị trí tham chiếu phải được chọn để giảm mức âm dư. Đồng thời phải thực hiện các phép đo trong một khoảng thời gian giới hạn nhưng ít nhất là trong khoảng thời gian dài gấp hai lần đến ba lần so với độ trễ truyền âm dự kiến giữa hai micro.

Ví dụ: Giả sử micro tham chiếu và micro đánh giá được đặt cách nhau 400 m, độ trễ lan truyền âm là khoảng 1,2 s. Vậy, thời gian cài đặt và tích hợp bằng 5 giây sẽ là một lựa chọn phù hợp.

Hai thiết bị thu nhận dữ liệu phải được đồng bộ hóa chính xác để làm cho chênh lệch thời gian tương đối của chúng nằm trong khoảng thời gian đo. Thực hiện các phép đo cho từng điều kiện lan truyền âm đã chọn. Khoảng thời gian đo phải đủ dài để bao phủ các thay đổi liên quan của nguồn.

Đối với các nguồn ồn hầu như liên tục (ví dụ: các ngành công nghiệp, đường sắt có lưu lượng lớn), có thể thực hiện việc thu thập lại trong một khoảng thời gian cố định để đảm bảo đủ số liệu thống kê nhưng vẫn duy trì trong cùng điều kiện lan truyền âm. Thông thường, khoảng thời gian từ 15 phút đến 30 phút là phù hợp. Đối với các nguồn tiếng ồn thay đổi (ví dụ: đường bộ và đường sắt nhỏ), số lượng phương tiện đi qua phải lớn hơn 10; nếu có thể kéo dài phép đo ít nhất 15 phút hoặc, nếu không đạt được số lượng các tình huống như yêu cầu, thì có thể kéo dài hơn nữa.

Hàm suy giảm của L_{af} tính theo công thức (23):

$$L_{af} = L_{ref} - L_{loc} \quad (23)$$

Trong đó

L_{ref} là mức đo được tại vị trí tham chiếu, tính bằng dexiben (dB);

L_{loc} là mức tại vị trí đánh giá, tính bằng dexiben (dB).

Có thể sau đó xác định các mức thấp ở vị trí đánh giá bằng cách đảo ngược Công thức (23), bằng cách sử dụng Công thức (24):

$$L_{loc} = L_{ref} - L_{af} \quad (24)$$

Trong đó xác định L_{af} bằng cách sử dụng khoảng thời gian có ảnh hưởng nhỏ từ âm dư, tính bằng dexiben (dB).

12 Tính toán

12.1 Qui định chung

Trong nhiều trường hợp, phép đo có thể được thay thế hoặc bổ sung bằng tính toán. Các phép tính thường có độ tin cậy cao hơn các phép đo đơn lẻ trong thời gian ngắn, khi kết quả đo trung bình trong thời gian dài được xác định và trong các trường hợp khác, khi không thể thực hiện phép đo bởi các mức âm dư vượt trội. Trong trường hợp sau, khi thực hiện phép đo ở khoảng cách ngắn từ nguồn và sau đó sử dụng phương pháp dự đoán để tính kết quả cho khoảng cách lớn hơn.

Khi tính toán ưu tiên đo các mức mức áp suất âm, cần có dữ liệu của nguồn phát tiếng ồn, tốt nhất là mức công suất âm của một nguồn (kể cả tính định lượng của nó), và vị trí của (một) hay (nhiều) nguồn điểm tạo ra cùng một mức áp suất âm trong môi trường giống như nguồn ồn thực. Đối với tiếng ồn giao thông, mức công suất âm thường được thay thế bằng mức áp suất âm được xác định trong các điều kiện xác định. Thường các dữ liệu như vậy được cho trước trong thiết lập các mô hình tính toán nhưng trong các trường hợp khác, các dữ liệu này cần được xác định trong mỗi trường hợp riêng biệt.

Việc sử dụng một mô hình phù hợp cho sự truyền âm từ nguồn tới máy thu, có thể tính mức áp suất âm tại điểm đánh giá. Điều này là cần thiết để gắn liền sự truyền âm với cửa sổ khí tượng được xác định và điều kiện mặt đất. Đa số mô hình tính toán dựa vào điều kiện truyền âm chuẩn hoặc thuận lợi, khi mà các điều kiện truyền âm khác có nhiều khó khăn hơn để dự đoán. Trờ âm của mặt đất nền cũng là một đại lượng rất quan trọng, đặc biệt, ở khoảng cách nhỏ, nguồn ồn thấp và điểm đo cao. Hầu hết các mô hình chỉ phân biệt giữa nền đất cứng và mềm. Nói chung, dễ dàng thực hiện chính xác các phép tính với nguồn âm và vị trí máy thu cao.

Mức độ biến đổi của độ chính xác yêu cầu phụ thuộc vào mục đích của phép tính. Mật độ cần thiết của các điểm lưới sử dụng làm cơ sở cho việc xây dựng bản đồ các mức tiếng ồn trong khu vực và phụ thuộc vào các mục đích xây dựng bản đồ. Sự biến đổi của mức tiếng ồn mạnh nhất ở gần nguồn và các vật cản lớn. Mật độ của các điểm lưới phải cao hơn trong khu vực này. Nói chung, đối với tiếng ồn tiếp xúc toàn phần, độ lệch trên bản đồ của các mức áp suất âm giữa các điểm lưới gần kề phải không được lớn hơn 5 dB. Khi lựa chọn biện pháp giảm thiểu tiếng ồn, phải chọn mật độ các điểm lưới để sự biến đổi giữa các điểm liền kề không vượt trội 2 dB.

12.2 Phương pháp tính toán

12.2.1 Qui định chung

Không có phương pháp tính hoàn chỉnh được thừa nhận trên trường quốc tế, mặc dù có một vài tiêu chuẩn quốc tế như ISO 9613-1, ISO 9613-2^[9] và ISO 13474^[10], cho sự truyền âm có thể áp dụng cho nguồn với công suất âm ra đã biết. Danh mục các phương pháp tính quốc gia được nêu trong Phụ lục L.

12.2.2 Quy trình cụ thể

Phải xây dựng các phương pháp tính riêng rẽ để đánh giá tiếng ồn giao thông đường bộ, đường sắt và đường hàng không. Hầu hết các quốc gia đều sử dụng phương pháp tính của riêng mình. Nhiều phương pháp bị hạn chế trong việc tính mức áp suất theo trọng số A và có thể áp dụng cho phổ tần số cụ thể. Hầu hết các quốc gia, tính L_{Aeq} theo hệ mét, và đôi khi hệ mét này được bổ sung thêm đại lượng L_{max} . Tuy nhiên cũng có các ngoại lệ.

13 Ghi chép và báo cáo thông tin

Đối với phép đo, các thông tin sau đây phải được ghi lại và báo cáo, nếu có liên quan:

- Thời gian, ngày và vị trí đo;
- Thiết bị đo và phương pháp hiệu chuẩn của thiết bị;
- Các mức áp suất âm (L_{eqT} , L_E , L_{max}) đo được và hiệu chỉnh nếu cần, trọng số A (tùy chọn cho trọng số C), và tùy chọn, trong các dải tần số;
- Mức N phần trăm vượt trội ($L_{N,T}$) đo được, kể cả cơ sở được tính toán (tỷ lệ lấy mẫu và các thông số khác);

CHÚ THÍCH: Ví dụ, sử dụng $L_{N,T}$ để ước tính âm dư lấy giá trị điển hình $N = 95$ %.

- Ước lượng độ không đảm bảo đo mở rộng cùng với xác suất bao phủ đã chọn;
- Các thông tin về mức áp suất âm dư trong quá trình đo;
- Khoảng thời gian đo;
- Mô tả chi tiết vị trí đo, bao gồm lớp phủ nền, điều kiện đo, vị trí, bao gồm chiều cao cách mặt đất của nguồn phát âm và micro;
- Mô tả các điều kiện hoạt động, bao gồm số lượng phương tiện giao thông đường bộ/đường sắt/đường hàng không đi qua được quy định đối với mỗi loại phù hợp;
- Mô tả các cửa sổ khí tượng, gồm vận tốc gió, hướng gió, độ ổn định của khí quyển (ví dụ, mây che phủ và thời gian trong ngày) nhiệt độ, áp suất khí quyển, độ ẩm, và sự có mặt của mưa và vị trí của gió và thiết bị cảm biến nhiệt độ;
- (Các) phương pháp sử dụng để ngoại suy giá trị đo từ các điều kiện khác.

Đối với phép tính, các thông tin liên quan được nêu từ a) đến k), bao gồm cả phép tính độ không đảm bảo đo phải được đưa ra trong báo cáo.

Phụ lục A
(Tham khảo)
Xác định bán kính cong

Sau đây, giả sử rằng cấu hình tốc độ âm trên mặt đất có thể mô tả bằng Công thức (A.1):

$$c(z) = c_0 + Az + B \times \lg\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (\text{A.1})$$

Trong đó

- c là vận tốc âm;
- z là chiều cao trên mặt đất;
- z₀ là chiều dài gò ghề của bề mặt đất;
- A là hệ số vận tốc âm tuyến tính, tính bằng 1/s, theo Công thức (A. 5) và Công thức (A. 6);
- B là hệ số lôgarit tốc độ âm, tính bằng m/s, theo Công thức (A.7);
- c₀ là tốc độ âm tham chiếu = 331,4 m/s.

CHÚ THÍCH 1: Có thể sử dụng lý thuyết tương tự của Monin-Obukhov's để lấy ra các cấu hình tốc độ âm. Tuy nhiên, lý thuyết này không hợp lệ trên địa hình đồi núi, các khu vực thành thị hoặc mặt đất không đồng nhất (xem ví dụ Tài liệu tham khảo [11]).

Đối với địa hình bằng phẳng, bán kính R_{curv} xấp xỉ độ cong của đường dẫn âm do khúc xạ khí quyển có thể xác định bằng Công thức (A.2):

$$\frac{1}{R_{cur}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \quad (\text{A.2})$$

$$R_A = \frac{A}{|A|} \sqrt{\left(\frac{c_0}{|A|}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (\text{A.3})$$

$$R_B = \frac{B}{|B|} \frac{1}{8} \sqrt{\frac{2\pi c_0}{|B|}} D \quad (\text{A.4})$$

Trong đó D là khoảng cách ngang giữa nguồn và bộ thu, tính bằng m.

Trong thời gian ban ngày (các cấp ổn định S₁, S₂ và S₃), A được tính theo Công thức (A.5):

$$A = \frac{u_*}{C_{vk}L} \cos(wd) + \left(\frac{1}{2} \frac{c_0}{T_{ref}}\right) \left(0,74 \frac{T_*}{C_{vk}L} - \frac{g}{c_p}\right) \quad (\text{A.5})$$

Trong thời gian ban đêm (các cấp ổn định S₄ và S₅), A được tính theo Công thức (A.6):

$$A = 4,7 \frac{u_*}{C_{vk}L} \cos(wd) + \left(\frac{1}{2} \frac{c_0}{T_{ref}} \right) \left(4,7 \frac{T_*}{C_{vk}L} - \frac{g}{c_p} \right) \quad (A.6)$$

Đối với ngày và đêm, B được tính theo Công thức (A.7):

$$B = \frac{u_*}{C_{vk}} \cos(wd) + \left(\frac{1}{2} \frac{c_0}{T_{ref}} \right) \left(0,74 \frac{T_*}{C_{vk}} \right) \quad (A.7)$$

Trong đó

- u_* là vận tốc ma sát, tính bằng m/s;
- T_* là thang nhiệt độ, tính bằng K;
- L là chiều dài Monin-Obukhov, tính bằng mét;
- C_{vk} là hằng số von Karman, 0,4;
- g là gia tốc trọng lực Newton, 9,81 m/s²;
- c_p là nhiệt dung riêng của không khí ở áp suất không đổi, 1 005 J/kg;
- T_{ref} là nhiệt độ tham chiếu, 273 K;
- wd là hướng gió từ nguồn tới máy thu.

Các thông số khí tượng u_* , T_* và tỷ lệ nghịch của chiều dài Monin-Obukhov, $1/L$, có thể được đo trực tiếp hoặc lấy từ các Bảng A.1 đến A.3.

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị dương của R_{cur} tương ứng với độ cong của âm hướng xuống (ví dụ: gió ngược hoặc đảo ngược nhiệt độ); $1/R_{cur} = 0$ tương ứng với đường truyền âm thẳng ("không gió", không khí đồng nhất); các giá trị âm của R_{cur} tương ứng với việc truyền âm hướng lên (ví dụ như gió ngược hoặc vào một ngày hè êm ả). Sự đảo ngược nhiệt độ xảy ra, ví dụ vào ban đêm khi mây che phủ ít hơn 70%.

Bảng A.1 – Vận tốc ma sát cho các cấp tốc độ gió khác nhau

	u^* , m/s
W1: 0 m/s đến 1 m/s	0
W2: 1 m/s đến 3 m/s	0,13
W3: 3 m/s đến 6 m/s	0,3
W4: 6 m/s đến 10 m/s	0,53
W5: > 10 m/s	0,87

Bảng A.2 – Chiều dài nghịch đảo Monin-Obukhov, $1/L$, là hàm số của tốc độ gió (W) và độ ổn định cấp (S)

$1/L, m^{-1}$	S1	S2	S3	S4	S5
	Ngày 0/8 – 2/8	Ngày 3/8 – 5/8	Ngày 6/8 – 8/8	Đêm 5/8 – 8/8	Đêm 0/8 – 4/8
W1: 0 m/s đến 1 m/s	-0,08	-0,05	0	0,04	0,06
W2: 1 m/s đến 3 m/s	-0,05	-0,02	0	0,02	0,04
W3: 3 m/s đến 6 m/s	-0,02	-0,01	0	0,01	0,02
W4: 6 m/s đến 10 m/s	-0,01	0	0	0	0,01
W5: >10 m/s	0	0	0	0	0
X/8 cho biết tỷ số mây che phủ bầu trời					

Bảng A.3 – Thang đo nhiệt độ T^* là hàm số của tốc độ gió (W) và độ ổn định (S)

T^*, K	S1	S2	S3	S4	S5
	Ngày 0/8 – 2/8	Ngày 3/8 – 5/8	Ngày 6/8 – 8/8	Đêm 5/8 – 8/8	Đêm 0/8 – 4/8
W1: 0 m/s đến 1 m/s	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4
W2: 1 m/s đến 3 m/s	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2
W3: 3 m/s đến 6 m/s	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1
W4: 6 m/s đến 10 m/s	-0,05	0	0	0	0,05
W5: >10 m/s	0	0	0	0	0
X/8 cho biết tỷ lệ mây che phủ bầu trời					

Phụ lục B

(Tham khảo)

Các vị trí micro so với các bề mặt phản xạ

B.1 Qui định chung

Thông thường, mức áp suất âm được sử dụng trong các quy định là mức áp suất âm trường tự do như được mô tả tại B.3. Để đảm bảo rằng mức áp suất âm này không bị ảnh hưởng tùy ý do các phản xạ không kiểm soát được từ các bề mặt phản xạ gần đó khác so với mặt đất, vì thế cần phải chọn vị trí của micro một cách cẩn thận. Cố gắng thực hiện như dưới đây để xác định các vị trí mà nó tương đối dễ dàng để hiệu chỉnh đối với các phản xạ phụ và để ước tính độ không đảm bảo do các hiệu chỉnh này. Các giá trị đưa ra dựa trên kinh nghiệm và tính toán từ tiếng ồn giao thông đường bộ và có thể không hoàn toàn phù hợp với các loại nguồn khác như tiếng ồn giao thông hàng không nơi thường gắn micro cách mặt đất 6 m và góc tới của âm thường khác với giao thông đường bộ.

B.2 Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của các hiệu chỉnh cho các vị trí khác nhau

Đối với các trường hợp phổ biến nhất, các giá trị mặc định cho các độ không đảm bảo tiêu chuẩn sử dụng các vị trí micro khác nhau được nêu tại Bảng B.1 đối với tiếng ồn giao thông. Sử dụng các giá trị này nếu không có sẵn các thông tin tốt hơn. Đối với tiếng ồn công nghiệp và các vị trí khác, độ không đảm bảo được xác định cho từng trường hợp riêng lẻ. Đối với các nguồn ổn định và tần số thấp, không phù hợp để sử dụng hiệu chỉnh mặc định là 3 dB phía trước mặt. Thay vào đó, khuyến cáo sử dụng vị trí micro gắn trên mặt phẳng với điều chỉnh bằng 5,7 dB.

Bảng B.1 – Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của các hiệu chỉnh đối với phản xạ của các vị trí micro khác nhau liên quan đến bề mặt phản xạ thẳng đứng

Vị trí của micro	Độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_{loc} , dB
Tiếng ồn giao thông tới từ mọi góc độ	
Vị trí tham chiếu trong trường tự do	0
Vị trí đáp ứng các yêu cầu của B.2	0,5
Vị trí sử dụng hiệu chỉnh 5,7 dB và đáp ứng các yêu cầu của B.4	0,4
Vị trí sử dụng hiệu chỉnh 3 dB và đáp ứng các yêu cầu của B.5	0,4
Tiếng ồn giao thông hướng tới chủ yếu theo phương ngang	
Vị trí tham chiếu trong trường tự do	0
Vị trí sử dụng hiệu chỉnh 5,7 dB và đáp ứng các yêu cầu của B.4	2,0
Vị trí sử dụng hiệu chỉnh 3 dB và đáp ứng yêu cầu của B.5	1,0

CHÚ THÍCH: Bảng B.1 chỉ có hiệu lực đối với tiếng ồn giao thông trọng số A (các nguồn chuyển động).

B.3 Vị trí trường âm tự do

Đây là vị trí mà không có bề mặt phản xạ nào khác ngoài mặt đất đủ gần để có thể ảnh hưởng tới mức áp suất âm. Khoảng cách từ micro tới bất kỳ phần nào của bề mặt phản xạ âm từ mặt đất phải ít nhất gấp hai lần khoảng cách từ micro tới phần chính của cửa nguồn âm.

CHÚ THÍCH: Phản xạ âm có ảnh hưởng không đáng kể khi loại trừ các bề mặt phản xạ âm nhỏ. Điều này có thể dựa trên các phép tính trong tính toán các kích thước chính của mặt phẳng phản xạ và độ dài của bước sóng.

B.4 Micro đặt ngang trên bề mặt – Điều kiện hiệu chỉnh +6 dB về danh định

Hiệu chỉnh mặc định cho vị trí này là 5,7 dB.

Vị trí này nằm trên một mặt phẳng phản xạ, âm tới và âm phản xạ có cùng pha trong một tần số f nhất định. Đối với tiếng ồn giao thông dải rộng có âm tới từ nhiều góc, tần số f là khoảng 4 kHz cho micro có đường kính 13 mm gắn trên mặt phẳng phản xạ. Tránh vị trí này nếu âm tới là trực diện.

Các bề mặt công trình trong khoảng cách 1 m phía trước micro phải được làm phẳng tới mức $\pm 0,05$ m. Khoảng cách từ micro tới góc cạnh của các bề mặt tường công trình phải lớn hơn 1 m. Nên gắn micro như trên Hình B.1 hoặc màng micro đặt ngang với bề mặt tấm gá. Tấm gá phải không được dày hơn 25 mm và các kích thước của nó không nhỏ hơn 0,5 m x 0,7 m. Khoảng cách từ micro tới các góc cạnh và tới trục đối xứng của tấm gá phải lớn hơn 0,1 m để giảm tác động của sự nhiễu xạ tại các cạnh của tấm gá.

Tấm gá phải được làm từ các vật liệu cứng và ổn định âm học, nhằm tránh sự hấp thụ âm và cộng hưởng âm trong dải tần số đang xét.

VÍ DỤ: Một tấm ván sơn dày hơn khoảng 19 mm hoặc một tấm nhôm 5 mm với vật liệu giảm rung tối thiểu 3 mm ở mặt tường đối diện.

Cần chú ý không có nhiễu của tiếng ồn khí động lực học được tạo ra giữa tấm gá và bề mặt gỗ ghế.

Có thể sử dụng micro không có tấm gá khi tường được làm bằng từ bê tông, đá, kính, gỗ hoặc các vật liệu cứng tương tự. Trong trường hợp này, bề mặt tường trong bán kính 1 m tính từ vị trí micro phải được làm phẳng tới mức $\pm 0,01$ m.

Đối với các phép đo trong dải octa, sử dụng micro có đường kính 13 mm hoặc nhỏ hơn. Nếu dải tần được mở rộng đến trên 4 kHz, phải sử dụng micro có đường kính 6 mm.

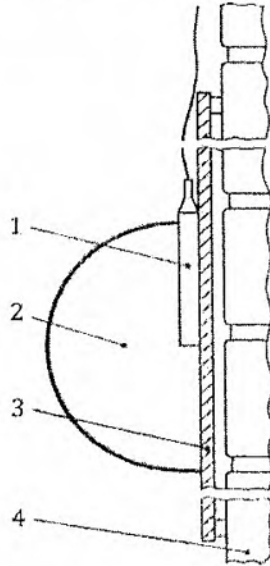
B.5 Micro gần bề mặt phản xạ – Điều kiện hiệu chỉnh +3 dB về danh định

Khi micro ở xa bề mặt phản xạ, với điều kiện là phải phù hợp một số các điều kiện nhất định, âm tới và âm phản xạ có cường độ tương đương, và khi dải tần số nghiên cứu là đủ rộng, sự phản xạ tạo ra năng lượng gấp đôi năng lượng của trường âm tới và tăng mức áp suất âm lên 3 dB.

Bề mặt công trình phải được làm phẳng trong phạm vi $\pm 0,3$ m, và micro không được gắn tại các vị trí mà trường âm bị ảnh hưởng bởi đa phản xạ của âm giữa các bề mặt nhô ra của công trình.

Phải coi các cửa sổ như một phần của bề mặt. Chúng phải được đóng trong quá trình đo nhưng được phép mở một lỗ nhỏ cho dây cáp của micro đi qua.

Các chuẩn cứ trong B.1 và B.3 đảm bảo rằng mức áp âm tổng thể tương đương hoặc mức áp suất âm lớn nhất đo được lệch nhỏ hơn 1 dB từ mức áp suất âm của trường âm tới cộng thêm 3 dB. Hai trường hợp này được phân biệt; so sánh Hình B.2 a) Nguồn khuếch tán (tức là, nguồn có góc nhìn α bằng 60° hoặc lớn hơn); và b) Nguồn điểm (tức là, góc α nhỏ hơn 60°).



CHÚ DẪN:

- 1 Micro
- 2 Tấm chắn gió
- 3 Tấm gá
- 4 Tường hoặc bề mặt phản xạ

Hình B.1 – Micro được gắn trên bề mặt phản xạ

Đối với các nguồn âm có dải hẹp hoặc các phép đo dải tần số hẹp, các vị trí khuyến nghị đặt trong trường âm tự do hoặc +6 dB.

Khoảng cách từ micro tại điểm M, vuông góc với mặt phẳng phản xạ, tới điểm O là d ; xem Hình B.2. Điểm O được coi là đại diện cho vị trí của một micro khi xác định góc nhìn α . Các khoảng cách a' và d' được đo dọc theo đường phân giác của góc α .

Các khoảng cách từ điểm O tới các cạnh gần nhất của mặt phẳng phản xạ là b (được đo theo chiều ngang) và c (được đo theo chiều dọc). Để tránh ảnh hưởng của các cạnh trong phạm vi dải tần octa từ 125 Hz đến 4 kHz, phải đáp ứng các chuẩn cứ B.1.

Chuẩn cứ B.1: $b \geq 4d$ và $c \geq 2d$

Chuẩn cứ B.2 đảm bảo rằng trường âm tới và âm phản xạ có cường độ tương đương.

TCVN 7878-2:2018

Chuẩn cứ B.2:

Nguồn khuếch tán: $d' \leq 0,1 a'$

Nguồn điểm: $d' \leq 0,05 a'$

Chuẩn cứ B.3 đảm bảo rằng đảm bảo rằng micro được đặt ở các khoảng cách đủ để nhận +6 dB trong vùng gần các bề mặt công trình.

Chuẩn cứ B.3:

Nguồn khuếch tán:

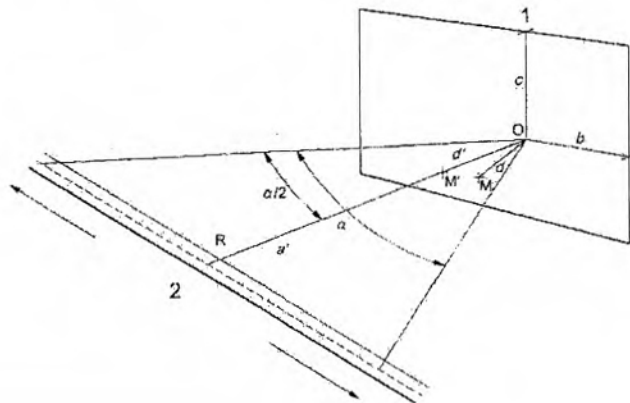
Mức áp suất âm chung trọng số A: $d' \geq 0,5 \text{ m}$

Áp suất âm dải tần Octa: $d' \geq 1,6 \text{ m}$

Nguồn điểm:

Mức áp suất âm chung trọng số A: $d' \geq 1,0 \text{ m}$

Áp suất âm dải tần Octa: $d' \geq 5,4 \text{ m}$



CHÚ DẪN:

- 0 điểm trên bề mặt phản xạ phía trước micro được gắn
- 1 bề mặt công trình hoặc bề mặt phản xạ khác
- 2 nguồn khuếch tán
- M vị trí của micro
- R điểm giao khi tia từ O gặp đường trung tâm của đường giao thông
- RO đường phân giác của góc α
- α góc nhìn của đường bộ/đường sắt ở một bên của vị trí bình thường nhìn thấy từ vị trí O
- M' vị trí micro tương đương trên đường RO
- d khoảng cách vuông góc từ vị trí micro đến chót phản xạ bề mặt, O
- d' khoảng cách OM'
- a' khoảng cách OR
- b, c khoảng cách đến các cạnh của các bề mặt phản xạ

Hình B.2 – Vị trí hình học của micro gần bề mặt phản xạ

Trong Hình B.2. nguồn khuếch tán được hiển thị là một con đường có đường trung tâm bị gạch ngang. Trong mô hình Đường Bắc Âu 1996 (xem L.1). khoảng cách tính toán cho sự suy giảm âm quá mức tương ứng với góc nửa của phân đoạn từ điểm vuông góc, R, đến các điểm cuối đường theo cả hai hướng được sử dụng. Nếu đường là đối xứng, thì góc α được chia đối xứng. Vì vậy, góc nhìn đường là 180° và đối xứng, thì sử dụng 45° từ góc vuông. Nếu góc nhìn đường là không đối xứng với pháp tuyến, thì phân tích $\alpha/2$ ở mỗi bên của góc vuông riêng biệt. Do đó, ví dụ, nếu góc nhìn đường là 90° theo một hướng và hướng kia là 50° (tổng cộng là 140°), sử dụng 45° cho $\alpha/2$ theo một hướng và 25° cho $\alpha/2$ theo hướng khác.

Nếu góc nhìn đường lớn hơn 180° , thì chia nhỏ đường thành các phân đoạn nhỏ hơn cho phép tính này.

Phụ lục C
(Tham khảo)

Lựa chọn vị trí đo/quan trắc

C.1 Khái quát

Vị trí của các trạm đo âm là rất quan trọng trong việc thu thập dữ liệu âm chính xác và hữu ích. Do các yêu cầu về dữ liệu âm tại các vị trí cụ thể có thể thay đổi đáng kể, nên các hướng dẫn kỹ thuật để đặt các trạm đo âm cũng có thể khác nhau đáng kể. Việc lựa chọn các vị trí đo cần được xem xét sớm trong quá trình lập kế hoạch đo ngay khi các mục tiêu đối với hệ thống đo đã được xác định rõ ràng. Để phân tích mức độ mà một vị trí được đề xuất ảnh hưởng đến độ không đảm bảo của các kết quả tại vị trí đó, phải kiểm tra mối quan hệ giữa âm dư và các mức áp suất âm được đo. Nếu chênh lệch lớn hơn 15 dB thì ảnh hưởng của âm dư là không đáng kể.

C.2 Quy trình lựa chọn vị trí

Việc lựa chọn các vị trí đo âm thường là một quá trình gồm hai giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên liên quan đến vị trí chung của các trạm đo. Điều này dựa trên các mục tiêu đo, có thể bao gồm:

- Để có được thông tin âm chính xác trong các khu vực cộng đồng nhạy cảm với âm cụ thể;
- Để có được thông tin chính xác về mức áp suất âm sinh ra bởi các loại nguồn tiếng ồn khác nhau tại vị trí cụ thể, v.v...;
- Để có được thông tin âm để theo dõi các phương tiện gây ồn;
 Cần áp dụng các cân nhắc mang tính kỹ thuật của hệ thống quan trắc, đặc biệt là cần có thông tin âm từ nhiều trạm trong các tình huống tiếng ồn quan trọng;
- Quan trắc việc tuân thủ các yêu cầu về mức tiếp xúc âm định kỳ.

Giai đoạn thứ hai của quá trình lựa chọn vị trí là lựa chọn các vị trí quan trắc cụ thể trong khu vực chung. Điều này được dựa trên thực tế và các cân nhắc xem xét khác như:

- Sự can thiệp từ các nguồn âm khác (giao thông khác hoặc công nghiệp, động vật hoang dã, hoạt động giải trí, v.v...);
- Dễ dàng tiếp cận các tiện ích (điện thoại và nguồn điện);
- Địa hình và vật cản xây dựng;
- Sự thuận lợi và các chi phí để có được quyền truy cập và phê duyệt vị trí (vị trí trên tài sản cá nhân có thể yêu cầu thanh toán tiền thuê hoặc các khoản thanh toán; vị trí trên đất công cộng như đường trong công viên có thể ít tốn kém hơn cho các cơ quan công cộng, nhưng việc phê duyệt chính thức có thể khó khăn và/hoặc thời gian sử dụng);
- Cân nhắc an ninh cho trạm quan trắc (phá hoại và trộm cắp);
- Độ không đảm bảo đo.

C.3 Phương pháp xác định các vị trí đo âm phù hợp về mặt âm

Đối với phép đo âm đáng tin cậy, phải phân biệt rõ ràng tình huống được đo với âm môi trường (dư), tức là khoảng chênh lệch giữa âm dư trung bình và sự khởi đầu của phép đo phải ít nhất là 3 dB và nên cao hơn 5 dB. Do đó, chỉ nên lắp đặt thiết bị tại các vị trí có mức áp suất âm tối đa, $L_{P,AS,max}$, của các tình huống đang được đo ít nhất là 15 dB lớn hơn mức âm dư trung bình. Phương pháp đáng tin cậy duy nhất để xác định các mức âm dư có thể chấp nhận được là ước tính ảnh hưởng của nó đến độ không đảm bảo đo (xem Điều 4. F.2 và Phụ lục I để được hướng dẫn).

Để biết thêm hướng dẫn về lựa chọn vị trí, đặc biệt đối với tiếng ồn máy bay, xem ISO 20906.

Phụ lục D

(Tham khảo)

Hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu

D.1 Suy giảm âm trong khí quyển

D.1.1 Tính toán hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu

Dữ liệu đo được phân vào các cửa sổ khác nhau. Mỗi cửa sổ sẽ bao gồm dữ liệu với nhiệt độ trung bình, t (°C) và độ ẩm tương đối trung bình, h (%). Các phép đo cũng sẽ đại diện cho một khoảng cách đo nhất định d (m). Sử dụng ISO 9613-1 và sử dụng phổ của nguồn, có thể tính sự suy giảm âm khí quyển $\Delta L_a(t, h, d)$. Tuy nhiên, để xác định L_{den} , sự suy giảm âm khí quyển này sẽ đại diện cho nhiệt độ đại diện trung bình hàng năm t_{ref} và độ ẩm trung bình đại diện hàng năm h_{ref} . Do đó, phải hiệu chỉnh dữ liệu đo được theo giá trị ΔL_a tính theo Công thức (D.1):

$$\Delta L_a = \Delta L_a(t_{ref}^*, h_{ref}, d) - \Delta L_a(t, h, d) \quad (D.1)$$

CHÚ THÍCH: Có thể áp dụng Công thức (D.1) trên từng mẫu dữ liệu hoặc trung bình của tất cả các mẫu trong một cửa sổ.

Đối với nguồn điểm, khoảng cách d là khoảng cách giữa nguồn và micro. Tuy nhiên, đối với một con đường thẳng hoặc đường sắt nơi có tích hợp trên nhiều khoảng cách, khoảng cách d là khoảng cách trung bình đến nguồn âm chuyển động có thể tính theo Công thức (D.2):

$$d = \frac{d_0}{\cos(\alpha/2)} \quad (D.2)$$

trong đó d_0 là khoảng cách dọc theo pháp tuyến và α , góc nhìn của đoạn nhìn thấy lớn nhất ở hai phía pháp tuyến.

VÍ DỤ: Nếu một đoạn có góc nhìn 90° với 60° một bên và 30° ở phía bên kia đường pháp tuyến, góc sẽ là 60°.

Hiệu chỉnh giá trị đo, L'_{eq} , theo sự suy giảm âm khí quyển tham chiếu tính theo Công thức (D.3):

$$L_{eq, ref} = L'_{eq} + \Delta L_a \quad (D.3)$$

D.1.2 Tính toán độ không đảm bảo

Bắt đầu từ Công thức (D.3) cả hai hệ số độ nhạy là 1 và độ không đảm bảo tiêu chuẩn có thể ước tính từ Công thức (D.4):

$$u_{L_{eq, ref}} = \sqrt{u_{L'_{eq}}^2 + u_{\Delta L_a}^2} \quad (D.4)$$

Đánh giá $u_{L_{eq}}$ từ (các) phép đo theo hướng dẫn nêu trong tiêu chuẩn này. Do độ không đảm bảo của

suy giảm khí quyển, khá nhạy cảm với các sai số về độ ẩm, đặc biệt khi độ ẩm thấp (< 30 %) và cũng nhạy cảm với phổ của nguồn âm. Nó cũng tỷ lệ thuận với khoảng cách. Khuyến cáo nên xác định cho từng trường hợp, chẳng hạn với phép tính gần đúng bậc nhất, có thể sử dụng $\alpha_{\Delta L_a} = 1$ dB/km.

D.2 Giao thông đường bộ

D.2.1 Tính toán hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu

Các mô hình dự đoán hiện đại ^[12] là dựa trên các mức công suất âm của các loại xe khác nhau. Tiếng ồn động cơ và tiếng ồn do lăn được tách riêng ra. Mức công suất âm là hàm số của tốc độ và nhiệt độ đối với tiếng ồn do lăn và của tốc độ và gia tốc đối với tiếng ồn đẩy tới. Do tính phức tạp vì số lượng các biến số và các công thức liên quan, khuyến cáo sử dụng phương pháp dự đoán hoàn chỉnh để xác định sự hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu như trong ví dụ sau, trong đó các ký hiệu liên quan được thể hiện trong Bảng D.1.

Bảng D.1 – Tổng quan các ký hiệu và tham số sử dụng cho các phép tính toán

		Số	Tốc độ	Nhiệt độ	Đo được	Tính được
Đo được	Loại 1	N_1	v_1	t	L'_{eq}	L'_{eq} (calc)
	Loại 2	N_2	v_2			
	Loại 3	N_3	v_3			
Tính được	Loại 1	$N_{1,ref}$	$v_{1,ref}$	t_{ref}	-	$L_{eq,ref}$ (calc)
	Loại 2	$N_{2,ref}$	$v_{2,ref}$			
	Loại 3	$N_{3,ref}$	$v_{3,ref}$			

Thay vì tính cho nhiều loại xe khác nhau, mỗi xe trong một loại có thể được chuyển đổi thành số xe tương đương của loại khác, ví dụ: một xe tải hạng trung bằng y xe hạng nhẹ và một xe hạng nặng tương đương với x xe hạng nhẹ. Các số x và số y sẽ được lấy từ một cơ sở dữ liệu và chúng sẽ thay đổi theo tốc độ và các điều kiện hoạt động khác.

Giá trị đo được điều chỉnh theo các điều kiện tham chiếu tính theo Công thức (D.5):

$$L_{eq,ref} = L'_{eq} + L_{eq,ref} \text{ (calc)} - L'_{eq} \text{ (calc)} \quad (D.5)$$

CHÚ THÍCH: Tùy thuộc vào chương trình sử dụng để thực hiện các phép tính toán, việc hiệu chỉnh đối với sự suy giảm khí quyển theo D.1 có thể bao gồm trong kết quả được tính theo Công thức (D.5).

D.2.2 Tính toán độ không đảm bảo

Công thức cơ bản đối với L_{eq} cho một loại xe là Công thức (D.6):

$$L_{eq} = L_E - 10 \lg(T) \text{ dB} + 10 \lg(N) \text{ dB} = L_{Wv}(v, t) + \Delta L_{\#} - 10 \lg(v) \text{ dB} + 10 \lg(N/T) \text{ dB} \quad (D.6)$$

Trong đó

L_W là mức công suất âm tổng, tính bằng dexiben (dB);

TCVN 7878-2:2018

ΔL_{tt} là hàm truyền tổng giữa L_w và mức tiếp xúc âm, tính bằng dexiben (dB);

v là tốc độ;

T là thời gian;

N là số lượng xe trong thời gian, T .

Theo phương pháp dự đoán Harmonoise,^[12] sự phụ thuộc tốc độ của L_w , nếu tập trung vào tiếng ồn của lớp xe/đường và giả định rằng mức ồn bị chi phối bởi các phương tiện hạng nhẹ, bằng khoảng 30 lg (v), nhưng ở đây giả định là 35 lg (v) (xem Tài liệu tham khảo [13]). Sự phụ thuộc nhiệt độ là $-K(t-20)$ Công thức (D.6) có thể được viết thành Công thức (D.7):

$$L_{eq} = L_w(v = v_0, t = t_0) + \Delta L_{tt} + 25 \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{N}{T}\right) \text{ dB} - 10 \lg(v_0) \text{ dB} - K(t - t_0) \text{ (D.7)}$$

hoặc, đối với điều kiện tham chiếu

$$L_{eq,ref} = L'_{eq} + 25 \lg\left(\frac{v_{ref}}{v}\right) \text{ dB} + K(t_{ref} - t) + 10 \lg\left(\frac{N_{ref}}{N}\right) \text{ dB} \text{ (D.8)}$$

Do đó, hệ số độ nhạy, c_v , đối với tốc độ là

$$c_v = \frac{\partial L_{eq}}{\partial v} = -25 \frac{1}{v} \lg(e) = -\frac{10,9}{v} \text{ (D.9)}$$

và

$$c_{v_{ref}} = \frac{\partial L_{eq}}{\partial v_{ref}} = 25 \frac{1}{v_{ref}} \lg(e) = \frac{10,9}{v_{ref}} \text{ (D.10)}$$

và đối với lưu lượng giao thông

$$c_N = \frac{\partial L_{eq}}{\partial N} = \frac{10}{N} \lg(e) = \frac{4,3}{N} \text{ (D.11)}$$

$$c_{N_{ref}} = \frac{\partial L_{eq}}{\partial N_{ref}} = \frac{10}{N_{ref}} \lg(e) = \frac{4,3}{N_{ref}} \text{ (D.12)}$$

và đối với nhiệt độ

$$c_t = \frac{\partial L_{eq}}{\partial t} = -K \text{ (D.13)}$$

$$c_{t_{ref}} = \frac{\partial L_{eq}}{\partial t_{ref}} = K \text{ (D.14)}$$

D.4 Giao thông hàng không

Nguyên tắc ở đây giống như đối với giao thông đường sắt, sự khác biệt chính là yêu cầu nhiều loại máy bay hơn và cấu hình sân bay phải bao gồm trong số các cửa sổ.

D.5 Tiếng ồn công nghiệp

D.5.1 Tính toán hiệu chỉnh đối với điều kiện tham chiếu

Cách chính xác nhất để thực hiện các phép đo tiếng ồn công nghiệp là xác định $L_{eq,i}$ cho từng điều kiện hoạt động có liên quan và sau đó xác định.

$$L_{eq,ref} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n N_{ref,i} 10^{0,1\bar{L}_{eq,i}} \right) \text{ dB} - 10 \lg(T_{ref}) \text{ dB} \quad (\text{D.20})$$

Trong đó

T_{ref} bằng $\Sigma T_{ref,i}$

Với

$T_{ref,i}$ là thời gian hoạt động của điều kiện hoạt động i trong khoảng thời gian tham chiếu T_{ref} .

CHÚ THÍCH: Trong thực tế, tình huống có thể phức tạp đến mức khó có thể thực hiện được qui trình trên.

D.5.2 Tính toán độ không đảm bảo

Theo các nguyên tắc được mô tả trong F.1, Công thức (D.21) là:

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{N_{ref,i} 10^{0,1\bar{L}_{eq,i}}}{\sum_{i=1}^n N_{ref,i} 10^{0,1\bar{L}_{eq,i}}} \right]^2 u_{L_{eq,i}}^2 + \sum_{i=1}^n \left[\frac{10^{0,1L_{E,i}}}{\sum_{i=1}^n N_{ref,i} 10^{0,1\bar{L}_{eq,i}}} \right]^2 u_{T_{ref,i}}^2} \text{ dB} \quad (\text{D.21})$$

Trong đó $u_{L_{eq,i}}^2$ được đánh giá từ (các) phép đo theo hướng dẫn nêu trong nội dung chính của tiêu chuẩn này.

Tổng độ không đảm bảo tiêu chuẩn kết hợp của Công thức (D.8) được tính theo Công thức (D.15):

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{(c_{L'} u_{L'})^2 + (c_{v,ref} u_{v,ref})^2 + (c_v u_v)^2 + (c_N u_N)^2 + (c_{N,ref} u_{N,ref})^2 + (c_t u_t)^2 + (c_{t,ref} u_{t,ref})^2} \text{ dB} \quad (D.15)$$

Giả sử rằng độ không đảm bảo của các điều kiện đo bằng với độ không đảm bảo của các điều kiện tham chiếu, Công thức (D.16) là:

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{u_{L'}^2 + 2\left(\frac{10,9}{v}\right)^2 u_v^2 + 2\left(\frac{4,3}{N}\right)^2 u_N^2 + 2K^2 u_t^2} \text{ dB} \quad (D.16)$$

Nếu giả định thêm là độ không đảm bảo tiêu chuẩn ở tốc độ trung bình và số trung bình tương ứng với 5%, $K = 0,1$ (số điển hình theo phương pháp dự đoán Harmonoise^[12]), và rằng $u_t = 1$, Công thức (D.17) là:

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{u_{L'}^2 + 0,60 + 0,09 + 0,02} \text{ dB} \quad (D.17)$$

Các số trong Công thức (D.17) chỉ là các ví dụ. Chúng được ước tính trong từng trường hợp.

D.3 Giao thông đường sắt

D.3.1 Tính toán hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu

Cách chính xác nhất để thực hiện các phép đo giao thông đường sắt là đo mức tiếp xúc âm, $L_{g,j}$, đối với từng loại tàu có liên quan và các điều kiện tham chiếu, tính được theo Công thức (D.18):

$$L_{eq,ref} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n N_{ref,i} 10^{0,1 \overline{L_{E,i}}} \right) \text{ dB} - 10 \lg(T_{ref}) \text{ dB} \quad (D.18)$$

Trong đó

$\overline{L_{E,i}}$ là mức tiếp xúc âm trung bình đo được của các tàu thuộc loại i , tính bằng đề xi ben, (dB);

n là số các loại tàu đã sử dụng;

$N_{ref,i}$ là số các tàu thuộc loại i , chạy qua trong thời gian tham chiếu, T_{ref} .

CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp, có thể là tiện khi đưa độ dài của tàu như một tham số bổ sung. Điều này, ví dụ, thường là trường hợp chỉ có vài tàu chở hàng được đo.

D.3.2 Tính toán độ không đảm bảo

Theo các nguyên tắc được mô tả trong F.1, Công thức (D.19) là:

$$u_{L_{eq,ref}} = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n \frac{N_{ref,i} 10^{0,1 \overline{L_{E,i}}}}{\sum_{i=1}^n N_{ref,i} 10^{0,1 \overline{L_{E,i}}}} \right]^2 u_{L_{E,i}}^2 + \sum_{i=1}^n \left[\frac{10^{0,1 \overline{L_{E,i}}}}{\sum_{i=1}^n N_{ref,i} 10^{0,1 \overline{L_{E,i}}}} \right]^2 u_{N_{ref,i}}^2} \text{ dB} \quad (D.19)$$

Trong đó $u_{L_{E,i}}$ được đánh giá từ (các) phép đo theo hướng dẫn nêu trong nội dung chính của tiêu chuẩn này.

Phụ lục E
(Tham khảo)
Loại bỏ âm không mong muốn

E.1 Qui định chung

Không có phương pháp chung được áp dụng để loại bỏ âm không mong muốn khi thực hiện phép đo. Tùy thuộc vào hoàn cảnh thực tế, ví dụ về các phương pháp có thể là:

- Sử dụng micro định hướng để ngăn chặn âm từ các hướng không mong muốn;
- Màn chắn âm từ phía sau bằng cách gắn micro trên bề mặt hoặc màn chắn;
- Loại trừ các khoảng đo với âm không mong muốn (xem E.2 cho các tình huống riêng lẻ);
- Chọn, nếu liên quan và có thể, khoảng thời gian đo trong thời gian yên tĩnh (đối với âm không mong muốn) trong ngày;
- Ghi lại diễn biến theo thời gian của tiếng ồn được đo và sử dụng các phương pháp thống kê hoặc các phương pháp khác để loại trừ âm không mong muốn;
- Chọn địa điểm khác phù hợp hơn.

E.2 Dữ liệu tình huống âm riêng lẻ (thường là tiếng ồn máy bay và đường sắt)

Một tình huống riêng rẽ được thiết lập khi

- Mức áp suất âm trọng số A vượt trội ngưỡng cho một khoảng thời gian liên tục, và
- Các phép thử phân biệt hoặc nhà điều hành nhân sự chỉ ra một nguồn tình huống riêng lẻ có thể đặc trưng bởi một số tham số, được xác định bởi nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp.

Ở mức tối thiểu, hệ thống tự động sẽ cung cấp cách xử lý để tạo ra thời gian và mức áp suất âm lớn nhất theo trọng số tần số của tình huống thứ i , $L_{max,i}$, thời gian tại chỗ tại đó mức áp suất âm là lớn nhất, mức áp suất âm của tình huống thứ i , $L_{E,i}$, và khoảng thời gian của tình huống thứ i , ΔT_i . Ngoài ra, hệ thống có thể xác định khoảng thời gian giữa ngưỡng đầu tiên vượt qua và đạt được mức áp suất âm tối đa, qua ngưỡng cuối cùng, diễn biến toàn bộ thời gian và các dữ liệu hữu ích khác.

Không phải tất cả các tình huống được báo từ thiết bị quan trắc đều liên quan đến hoạt động của nguồn. Trước khi tiến hành bất kỳ sự xử lý dữ liệu tiếp theo, các tình huống sẽ được xác minh và các tình huống không liên quan sẽ bị loại bỏ. Kiểm tra xác nhận một tình huống không xác định có thể được thực hiện nhờ lấy tương quan với một tình huống đã biết, sử dụng kinh nghiệm trước đó hoặc các phép đo đã thực hiện trước đó.

Khi sử dụng cách phát hiện tình huống tự động, các thuật toán và các giá trị của các tiêu chí liên quan được sử dụng cho quá trình này tại bất kỳ thời điểm nào sẽ được mô tả và ghi lại rõ ràng. Theo đó, các thủ tục được sử dụng cho các nhà điều hành nhân sự, nếu có, sẽ được mô tả và ghi lại.

Phụ lục F

(Tham khảo)

Độ không đảm bảo đo

F.1 Xác định độ không đảm bảo tiêu chuẩn và các hệ số độ nhạy cho các điều kiện hỗn hợp

L_{eq} cho điều kiện i , kéo dài trong p_i của tổng thời gian, ký hiệu là L_i . Tổng L_{eq} cho toàn bộ khoảng thời gian được ký hiệu là L . Sau đó, công thức (F.1) là:

$$L = 10 \lg(p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \dots + p_n 10^{L_n/10}) \text{ dB} \quad (\text{F.1})$$

Nếu L_i đến L_n là độc lập thì hệ số độ nhạy c_{L_i} sau đó tính theo Công thức (F.2):

$$c_{L_i} = \frac{\partial L}{\partial L_i} = 10 \lg(e) \frac{p_i 10^{L_i/10} \ln(10) 0,1}{p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \dots + p_n 10^{L_n/10}} = \frac{p_i 10^{L_i/10}}{\sum_{j=1}^n p_j 10^{L_j/10}} \quad (\text{F.2})$$

Khi $\sum p_i = 1$, các hệ số này không độc lập. Để có được c_{p_i} , Công thức (F.1) có thể viết như sau:

$$L = 10 \lg\left(p_1 10^{L_1/10} + p_2 10^{L_2/10} + \dots + p_{n-1} 10^{L_{n-1}/10} + \left(1 - \sum_{j=1}^{n-1} p_j\right) 10^{L_n/10}\right) \text{ dB} \quad (\text{F.3})$$

c_{p_i} được tính theo Công thức (F.4):

$$c_{p_i} = \frac{\partial L}{\partial p_i} = 10 \lg(e) \frac{10^{L_i/10} - 10^{L_n/10}}{\sum_{j=1}^n p_j 10^{L_j/10}} \text{ dB} \quad (\text{F.4})$$

L_i được xác định với độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_{L_i} và p_i với độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_{p_i} . Để tránh tổng ước tính sai số thấp, p_n là chu kỳ có mức âm trung bình cao nhất (thông thường là M4). Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của L được tính theo Công thức (F.5):

$$u = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left| \frac{\partial L}{\partial L_j} \right|^2 u_{L_j}^2 + \sum_{j=1}^{n-1} \left| \frac{\partial L}{\partial p_j} \right|^2 u_{p_j}^2} \text{ dB} \quad (\text{F.5})$$

F.2 Xác định hệ số độ nhạy và độ không đảm bảo tiêu chuẩn đối với âm dư

Đối với âm dư, hệ số độ nhạy không còn là 1. Công thức cơ bản là Công thức (F.6):

$$L = L' + 10 \lg(1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}) \text{ dB} \quad (\text{F.6})$$

Trong đó

L là mức áp suất âm được hiệu chỉnh từ âm dư, tính bằng dexiben (dB);

L' là mức áp suất âm đo được, tính bằng dexiben (dB);

L_{res} là mức áp suất âm dư, tính bằng dexiben (dB).

Do đó các hệ số độ nhạy được thể hiện trong Công thức (F.7) và Công thức (F.8) là:

$$c_{L'} = \frac{1}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}} \quad (F.7)$$

$$c_{res} = \frac{-10^{-0,1(L' - L_{res})}}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}} \quad (F.8)$$

Độ không đảm bảo tổng được tính theo Công thức (F.9):

$$u_L = \sqrt{c_{L'}^2 \cdot u_{L'}^2 + c_{res}^2 \cdot u_{res}^2} \text{ dB} \quad (F.9)$$

CHÚ THÍCH: Để xác định âm dư, xem Phụ lục I.

F.3 Độ không đảm bảo của các hiệu chỉnh về các điều kiện hoạt động

Xem Phụ lục D

Phụ lục G
(Tham khảo)

Ví dụ về các tính toán độ không đảm bảo đo

CHÚ THÍCH: Một bảng tính excel mà từ đó một số tính toán cho các ví dụ trong Điều G.1 và G.2 có thể đọc và có thể tải về miễn phí từ: <http://standards.iso.org/iso/1996/-2/>. Trong tất cả các ví dụ, nguồn là tiếng ồn giao thông đường bộ.

G.1 Một phép đo dài hạn được phân thành các cấp loại khí tượng

Bảng G.1 – Tính toán độ không đảm bảo cho phép đo dài hạn đơn lẻ

		Công thức sử dụng	M1	M2	M3	M4	Kết quả
Ngày	Xuất hiện ^a		0,2	0,4	0,4	0	
	Các mẫu		15	30	30		
	L_k	Công thức (15)	48,8	55,3	58,1		
	U_k	Công thức (16) (17) (18)	0,8	0,5	0,5		
	L_{res}		43	39	43		
	u_{res}		1,0	0,5	0,7		
	L_k	Công thức (19). (F.6)	47,4	55,2	57,9		
	u_k	Công thức (F.9)	1,1	0,5	0,5		
	L_{day}	Công thức (9)					55,92
	u_{weight}	Công thức (F.5) với $u_{pi} = 0,05$					0,60
	$u_{dayrefk}$	$L_{day} + 1$					56,92
	L_{dayref}^b	Công thức (F.6) với $u_{air} = 0,2$					0,63
Tối	Xuất hiện ^a		0,1	0,3	0,3	0,3	
	Các mẫu		15	20	20	20	
	L_k	Công thức (15)	46,5	52,2	55,5	56,7	
	u_k	Công thức (16) (17) (18)	0,8	0,6	0,5	0,5	
	L_{res}		42	39	43	43	
	u_{res}		1,0	0,7	0,9	0,9	
	L_k	Công thức (19). (F.6)	44,7	52,0	55,3	56,5	
	u_k	Công thức (F.9)	1,2	0,6	0,5	0,5	
	$L_{evening}$	Công thức (9)					54,54
	u_{weight}	Công thức (F.5) với $u_{pi} = 0,05$					0,42
	$L_{eveningref}^b$	$L_{evening} + 0,8$					55,34
	$L_{eveningref}^c$	Công thức (F.6) với $u_{air} = 0,2$					0,47
^a Phần của thời gian tổng ^b Xem định nghĩa tại Phụ lục D. ^c Xem Phụ lục D.							

Bảng G.1 – Tính toán độ không đảm bảo cho phép đo dài hạn đơn lẻ (kết thúc)

		Công thức sử dụng	M1	M2	M3	M4	Kết quả
Đêm	Xuất hiện ^a		0,1	0,2	0,3	0,5	
	Các mẫu		15	20	20	20	
	L_k	Công thức (15)	44,9	50,4	53,7	54,9	
	u_k	Công thức (16). (17). (18)	0,7	0,5	0,5	0,4	
	L_{res}		40	39	43	43	
	u_{res}		1,0	0,7	0,9	0,9	
	L_k	Công thức (19). (F.6)	43,2	50,1	53,4	54,6	
	u_k	Công thức (F.9)	1,1	0,6	0,5	0,5	
	$L_{evening}$	Công thức (9)					53,21
	u_{weight}	Công thức (F.5) với $u_{pi} = 0,05$					0,43
	$L_{eveningref}^b$	$L_{evening} + 0,8$					53,81
	$u_{eveningref}^c$	Công thức (F.6) với $u_{air} = 0,2$					0,47
Ngày-tối-đêm	L_{DEN}	Công thức (9)					60,6
	u_{DEN}	Công thức (F.5) với $u_{pi} = 0,05$					0,34
^a Phần của thời gian tổng ^b Xem định nghĩa tại Phụ lục D. ^c Xem Phụ lục D.							

Trong Bảng G.1 và Công thức (G.1) nêu ví dụ về tính toán độ không đảm bảo của phép đo dài hạn. 75 phép đo hiệu quả 24 h đã được thực hiện, mỗi phép đo phân ra giữa ngày, buổi tối và ban đêm và giữa bốn loại khí tượng khác nhau. Giả sử rằng các mẫu không sai lệch theo cách mà các thay đổi về nguồn đại diện có thể coi là đã bao gồm. Trong Bảng G.1, các giá trị đo (được chỉ định) được sử dụng để ước tính độ không đảm bảo tiêu chuẩn cho từng loại khí tượng. Thực hiện các hiệu chỉnh cho âm dư (không có giá trị hiệu chỉnh), riêng biệt cho ngày, buổi tối và ban đêm. Tần số xuất hiện đã được lấy từ số liệu thống kê khí tượng và độ không đảm bảo tiêu chuẩn của số liệu thống kê này được ước tính là 0,05. Bảng G.1 không bao gồm độ không đảm bảo do máy đo mức âm và vị trí micro. Chúng được giả định là giống nhau cho tất cả các phép đo và chúng được xử lý trong công thức (G.1).

Bao gồm độ không đảm bảo do máy đo mức âm và vị trí micro, độ không đảm bảo tiêu chuẩn kết hợp (nhân với 2 để có độ không đảm bảo mở rộng) sau đó tính theo Công thức (G.1):

$$u = \sqrt{u_{den}^2 + u_{slm}^2 + u_{loc}^2} = \sqrt{0,3^2 + 0,5^2 + 0,4^2} = 0,7 \text{ dB} \quad (G.1)$$

G.2 Phép đo đơn lẻ trong điều kiện thuận lợi

Bảng G.2 nêu phép tính độ không đảm bảo có thể có của một phép đo đơn lẻ dọc theo một con đường trong thời gian 1 h trong điều kiện lan truyền âm thuận lợi. Thông tin cơ bản cần thiết để hiểu Bảng G.2 được nêu trong B.1, F.2. Công thức (12) và Công thức (14).

Bảng G.2 – Dữ liệu độ không đảm bảo cho phép đo đơn lẻ trong điều kiện truyền âm thuận lợi

Đại lượng	Ước tính	Độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_i , dB	Hệ số độ nhạy, c_i	Đóng góp của độ không đảm bảo, $c_i u_i$, dB
$L_{eq,th}$	$L' = 58$ dB	0,5	$c_{L'} = \frac{1}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}}$ Công thức (F.7)	0,59
δ_{slm}	0 dB	0,5 (mặc định)		xem L'
δ_{sou}	1 000 xe	$\frac{10}{\sqrt{1000}} = 0,3$ Công thức (8)	1	0,3
δ_{met}	thuận lợi	2,0 Công thức (12)	1	2,0
δ_{loc} Phụ lục B	+5,7 dB	0,40	1	0,40
δ_{res}	$L_{res} = 50$ dB	2	$c_{res} = \frac{-10^{-0,1(L' - L_{res})}}{1 - 10^{-0,1(L' - L_{res})}}$ Công thức (F.8)	0,38
$u(L_m) = \sqrt{\sum_1^n (c_j u_j)^2}$				2,18
Độ không đảm bảo mở rộng (độ tin cậy 95 %)				4,36

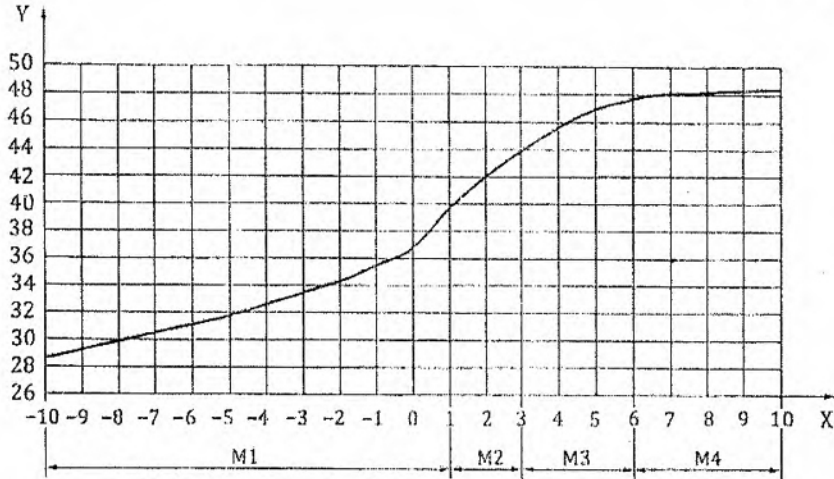
G.3 Các giá trị dài hạn được tính từ các phép đo ngắn hạn

CHÚ THÍCH: Ví dụ này bỏ qua độ không đảm bảo về tần suất xuất hiện (xem F.1) và sử dụng các loại cấp khí tượng khác so với Điều 8.

Đối với mỗi phép đo ngắn hạn, có thể xác định độ không đảm bảo như được nêu trong Bảng G.2. Giá trị đo được hiệu chỉnh theo điều kiện tham chiếu để ước lượng mức dài hạn. Quy trình này được mô tả trong Phụ lục D.

Sự hiệu chỉnh tiếp theo cần tính đến là điều chỉnh cho các cửa sổ khí tượng. Điều này là cần thiết để có kết quả cho một số lượng đủ các cửa sổ khí tượng để có thể kết hợp các kết quả tương ứng với các điều kiện hỗn hợp thực tế. Để thực hiện điều đó, cần lặp lại phép đo trong cửa sổ khí tượng bổ sung hoặc điều chỉnh các mức đo được bằng phương pháp dự đoán được công nhận. Có thể cho rằng ít nhất là sử dụng chính xác một phương pháp dự đoán hơn là sử dụng các phép đo đơn lẻ như các phép đo đơn lẻ trong mọi điều kiện nhưng thuận lợi là rất không chính xác.

Giả định rằng mức trung bình hàng năm sẽ được tính toán. Truy cập để hoàn chỉnh các thống kê có sẵn về khí tượng và các điều kiện lan truyền âm được chia thành bốn (ví dụ) các cửa sổ khác nhau: không thuận lợi [ufa] (M1), trung bình/chuẩn [neu] (M2), thuận lợi [fav] (M3) và rất thuận lợi [vfa] (M4). Các phân loại này được minh họa trong hình G.1. trong đó cho thấy mức áp suất âm được tính toán là 200 m tính từ đường sử dụng Nord 2000 (xem Phụ lục L). Có thể thấy rằng mức áp suất âm thay đổi khoảng 20 dB do các cửa sổ khí tượng khác nhau.



CHÚ DẪN

- X thành phần hướng gió, tính theo m/s
 Y mức, tính bằng dB
 M1 cửa sổ khí tượng cho các điều kiện không thuận lợi
 M2 cửa sổ khí tượng cho các điều kiện chuẩn
 M3 cửa sổ khí tượng cho các điều kiện thuận lợi
 M4 cửa sổ khí tượng cho các điều kiện rất thuận lợi

Hình G.1 – Mức áp suất âm được tính bằng Nord 2000 (xem Phụ lục L) 200 m từ đường đi

Giả sử là mỗi cửa sổ khí tượng tồn tại trong tỷ lệ p_i của thời gian hoặc trong ví dụ dưới đây 40 %, 30 %, 20 % và 10 % thời gian, tương ứng. Có sẵn phép đo trong điều kiện thuận lợi, L_{fav} . Các điều kiện khác được tính theo chênh lệch ΔL_i đến L_{fav} . Trung bình hàng năm tính theo Công thức (G.2):

$$L_{year} = L_{fav} + 10 \lg \left[\sum_{i=1}^4 p_i 10^{0,1\Delta L_i} \right] \text{ dB} \quad (\text{G.2})$$

ΔL_i được tính bằng phương pháp dự đoán khả năng có cửa sổ khí tượng như biến số đầu vào. Ví dụ như các phương pháp Harmonoise^[18] và Nord 2000 (xem Phụ lục L). Trong trường hợp này, sử dụng dữ liệu ở trên và trong cột 2 của Bảng G.3 thu được:

$$L_{year} = L_{fav} - 1,3 \text{ dB} \quad (\text{G.3})$$

Bảng G.3 đưa ra ví dụ về tính toán độ không đảm bảo. Các hệ số độ nhạy được tính theo Công thức (F.4) bằng cách thay L_i bằng ΔL_i . Mẫu số của Công thức (F.4) sẽ là 0,75. Độ không đảm bảo tiêu chuẩn của các hiệu chỉnh ΔL_i tính được chỉ là các ví dụ đã lấy từ Hình G.1. Trong hình G.1, các giá trị trong điều kiện gió có thể không chính xác lắm và kinh nghiệm cho thấy các dữ liệu trải rộng hơn. Tuy nhiên, ở đây sử dụng các dữ liệu của hình làm ví dụ và có thể thấy nó không phải là rất quan trọng những dữ liệu gì được sử dụng cho các điều kiện hướng gió như các hệ số độ nhạy trở nên rất nhỏ.

Đối với tần suất xuất hiện, giả sử là độ không đảm bảo trong số liệu thống kê là 25 % tương ứng với 1 dB. Có thể thấy rằng đối với các giá trị đã chọn, sự ảnh hưởng của các thành phần được tính cho độ không đảm bảo là vừa phải.

Bảng G.3 – Dữ liệu độ không đảm bảo của các giá trị dài hạn tính từ các phép đo ngắn hạn

Đại lượng	Ước tính	Độ không đảm bảo tiêu chuẩn, u_i , dB	Hệ số độ nhạy, c_i	Đóng góp của độ không đảm bảo, $c_i u_i$, dB
L_{fav} (đo được)	L_{fav} (xem G.2)	2,18	1	2,18
ΔL_{fav} (M3, đo được)	0	0	$\frac{0,2}{0,75} = 0,27$	0
ΔL_{vfa} (M4, tính được)	+2	2	$\frac{0,3 \cdot 10^{0,2}}{0,75} = 0,64$	1,27
ΔL_{neu} (M2, tính được)	-6	3	$\frac{0,2 \cdot 10^{-0,6}}{0,75} = 0,07$	0,20
ΔL_{vfa} (M1, tính được)	-12	5	$\frac{0,3 \cdot 10^{-1,2}}{0,75} = 0,03$	0,13
p_1	0,3	0,1	8,9	0,09
p_2	0,2	0,1	7,8	0,08
p_3	0,2	0,1	3,4	0,03
p_4	0,3	0,1	0	0
$u(L_{year}) = \sqrt{\sum_1^n (c_j u_j)^2}$				2,8
Độ không đảm bảo mở rộng (độ tin cậy: 95 %)				5,6

Phụ lục H
(Tham khảo)
Các mức áp suất âm lớn nhất

H.1 Định nghĩa

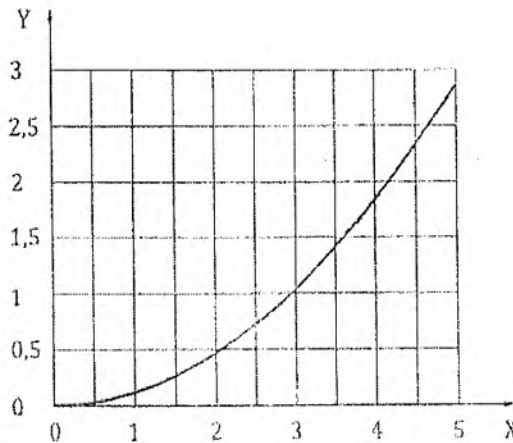
L_{max} sử dụng trong các quy chuẩn có thể được xác định theo nhiều cách. Một số ví dụ là: mức áp suất âm tối đa cao nhất trong khoảng thời gian tham chiếu, mức áp suất âm tối đa, trung bình số học, năng lượng trung bình, vượt trội n lần và mức áp suất âm lớn nhất vượt trội x % của tất cả các tình huống. Trọng số thời gian thường là F nhưng S cũng được sử dụng, đặc biệt là đối với máy bay.

H.2 Tính toán L_{max} theo yêu cầu

Đối với phân bố Gauss với độ lệch chuẩn, s , mối liên quan giữa giá trị trung bình năng lượng L_{em} và giá trị trung bình số học \bar{L} được tính theo Công thức (H.1):

$$L_{em} - \bar{L} = 0,05 \ln(10)s^2 \text{ dB} \quad (\text{H.1})$$

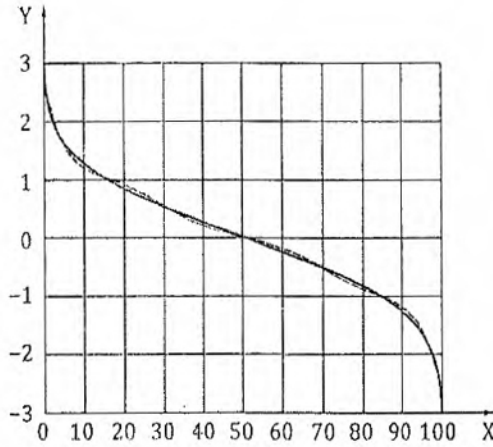
Công thức (H.1) được minh họa trong Hình H.1.

**CHÚ DẪN**

- X Độ lệch chuẩn, s , tính bằng dB
Y Chênh lệch, tính bằng dB

Hình H.1 – Chênh lệch giữa giá trị trung bình năng lượng và trung bình số học cho phân bố chuẩn

Trong một số quy chuẩn về tiếng ồn, yêu cầu L_{Amax} không được vượt trội một số lần nhất định, ví dụ: năm lần. Để tính toán mức này, cần phải biết phân bố thống kê. Giả sử một phân bố chuẩn, L_{AFmax} có thể xác định theo Công thức (H.1) và Hình H.2. Nếu nghi ngờ, thì khuyến khích kiểm tra xem liệu phân bố thực tế là Gauss không.



CHÚ DẪN

- X Xe có $L > (L_{\text{mean}} + y)$, tính bằng %
- Y số y lần độ lệch chuẩn
chính xác
đa thức

Hình H.2 – Hàm số $y = P(x)$

CHÚ THÍCH: Hàm $P(x)$ tính tỷ lệ phần trăm của các tình huống đơn lẻ với mức áp suất âm lớn nhất vượt trội, bằng một số y nhất định của độ lệch chuẩn, trung bình (số học) của phân bố chuẩn của các mức áp suất âm lớn nhất.

Hình H.2 có thể phỏng theo đa thức $P(x)$ được nêu trong Bảng H.1.

Bảng H.1 – Đa thức $P(x)$ xấp xỉ Hình H.2

Hệ số	
-0,000 000 000 011 30	x^7
0,000 000 003 956 95	x^6
-0,000 000 554 938 24	x^5
0,000 039 787 543 03	x^4
-0,001 546 754 753 18	x^3
0,032 077 760 884 65	x^2
-0,357 438 793 113 49	x
2,769 350 960 177 43	

Mức thứ n cao nhất của N xe (hoặc tình huống) đi qua trong khoảng thời gian nhất định được tính theo Công thức (H.2):

$$L_{A_{\text{max}}, n} = \overline{L_{A_{\text{max}}}} + P\left(\frac{100-n}{N}\right)_s \text{ dB} \tag{H.2}$$

Phần trăm phân bố các mức áp suất âm lớn nhất được tính theo Công thức (H, 3):

$$L_{\max, p} = \overline{L_{\max}} + y \times s \quad (\text{H.3})$$

Trong đó

- $L_{\max, p}$ là mức lớn nhất vượt trội p % của các tình huống, tính bằng dexiben (dB);
- $\overline{L_{\max}}$ là trung bình số học của L_{\max} từ tất cả các tình huống, tính bằng dexiben (dB);
- s là độ lệch chuẩn của các mức lớn nhất từ các tình huống (ước tính của độ lệch chuẩn của phân bố Gauss), tính bằng dexiben (dB);
- y là số các độ lệch chuẩn được cho bởi Hình H.2 hoặc đa thức trong Bảng H.1.

Phụ lục I
(Tham khảo)
Phép đo âm dư

1.1 Qui định chung

Thông thường khó đo trực tiếp âm dư và khả năng duy nhất để xác định nó là đưa ra ước tính gần đúng. Một số phương pháp được nêu trong các điều sau đây. Trong mỗi trường hợp, độ không đảm bảo đo sẽ được đo hoặc ước tính. Đối với tất cả các phép đo, đảm bảo rằng tiếng ồn nền của hệ thống đo là đủ thấp, tốt nhất là ít nhất 5 dB dưới âm cần đo.

Độ không đảm bảo đo do âm dư được xử lý tại F.2. Điều này có nghĩa là độ không đảm bảo tiêu chuẩn được ước tính trong những trường hợp có ảnh hưởng đến độ không đảm bảo tiêu chuẩn tổng đáng kể.

1.2 Mức phân trăm vượt trội**1.2.1 Đo bằng phép đo trực tiếp**

Nếu nguồn đem thử không đóng góp đáng kể vào tổng mức áp suất âm trong khoảng 5 % hoặc nhiều hơn tổng thời gian đo, thì đo mức áp suất âm vượt trội trong khoảng 95 % thời gian và giả định rằng mức này đại diện cho mức áp suất âm dư.

1.2.2 Tính toán từ các phép đo L_{50} và L_{90} hoặc L_{95}

Trong trường hợp âm dư có thể được mô tả bằng phân bố Gauss, dẫn đến sự phân bố lưỡng cực của âm tổng, thì có thể ước tính mức áp suất âm tương đương của âm dư từ sự phân bố sử dụng Công thức (1.1) và (1.2):

$$L_{\text{eq,Gauss}} = L_{50} + 0,115 \left(\frac{L_{50} - L_{90}}{1,28} \right)^2 \text{ dB} \quad (1.1)$$

hoặc

$$L_{\text{eq,Gauss}} = L_{50} + 0,115 \left(\frac{L_{50} - L_{95}}{1,65} \right)^2 \text{ dB} \quad (1.2)$$

CHÚ THÍCH: Các công thức đã được lấy từ Tiêu chuẩn Pháp NF S 31-010^[14].

Có thể tính L_{res} bằng các phép tính toán.

Nếu xác định âm dư bằng tiếng ồn giao thông đã được xác định rõ hoặc các nguồn khác mà có thể được tính bằng các phương pháp dự đoán đáng tin cậy, thì tính mức ồn này và giả định rằng nó là đại diện cho âm dư.

1.3 Ước tính độ không đảm bảo tiêu chuẩn của u_{res}

Thường rất khó để đo chính xác tiếng ồn dư và, theo đó, cũng rất khó để đo chính xác độ không đảm bảo tiêu chuẩn. Có thể thực hiện phép đo hoặc ước tính này bằng cách lặp lại quy trình đã sử dụng để xác định L_{res} từ ba đến năm lần và sau đó tính toán độ lệch chuẩn.

Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, mức dư đến mức được đo là lớn, có nghĩa là hệ số nhạy cảm trở nên nhỏ, và, theo đó, nó có thể đáp ứng khi chỉ cần thực hiện một ước tính rất sơ bộ.

Phụ lục J

(Tham khảo)

Phương pháp khách quan đánh giá khả năng nghe rõ các âm trong tiếng ồn – Phương pháp kỹ thuật

J.1 Qui định chung

Mục tiêu của đánh giá âm nổi bật đòi hỏi một phân tích về tiếng ồn đang xem xét thích nghi với chức năng của hệ thống thính giác. Để cuối cùng, mức của âm và mức của tiếng ồn che lấp trong một dải tần hạn xung quanh tần số âm được xác định. Nếu một dải tần chứa một số các âm sắc, thì tổng năng lượng của các mức âm này được thực hiện. Các âm sắc nằm ngoài dải tần chỉ đóng góp một phần nhỏ vào khả năng nghe rõ trong dải tần.

Một âm luôn luôn được che lấp nếu thêm vào âm này một tiếng ồn nghe được mà không có âm này sẽ làm giảm cảm nhận âm lượng đến các mức độ khác nhau.

Sự chênh lệch giữa mức âm và mức tiếng ồn che lấp được so sánh với chỉ số che lấp (âm), nếu giá trị của chênh lệch nhỏ hơn hoặc bằng α_v , thì âm sẽ được che, nhưng nếu chênh lệch là lớn hơn α_v , thì nghe rõ âm.

Các thành phần tiếng ồn trong các dải tần tiếp giáp với các tần số thấp cũng có thể dẫn đến việc che lấp các âm. Tuy nhiên, vì hiệu ứng này giảm tầm quan trọng trong phần lớn các ứng dụng thực tế (đặc biệt là đối với tiếng ồn dải rộng), nên nó được bỏ qua trong phụ lục này cho đơn giản.

Tiêu chí về âm nổi bật của phụ lục này chỉ áp dụng cho tiếng ồn có thể cảm nhận được tại điểm tiếp nhận được đề cập. Khả năng nghe được tính toán chỉ từ mức tiếng ồn tổng được đánh giá chứ không phải cho một dải tần số riêng, ví dụ như một dải octa. Nếu áp dụng cho các thành phần phát thải của từng bộ phận hoặc nhà máy riêng, hoặc các bộ phận của nhà máy, phụ lục này sẽ không cung cấp bất kỳ thông tin nào về độ ồn của tiếng ồn tổng thể, nếu trong các trường hợp bình thường thì một số nhà máy hoặc thành phần nhà máy sẽ hoạt động trên điểm đo.

J.2 Phương pháp

Xem ISO/PAS 20065 về phương pháp khách quan để đánh giá độ nghe rõ của âm trong tiếng ồn.

J.3 Ứng dụng

Có thể áp dụng ISO/PAS 20065 để xác định độ nghe rõ của các âm có trong phổ. Có thể sử dụng giá trị của độ nghe rõ để xác định có hay không một âm nổi và nếu một mức phạt âm hoặc điều chỉnh âm sẽ được phân bổ cho một nguồn nhất định. Trong TCVN7878-1:2018 ISO (1996-1:2016), Phụ lục A, chỉ ra rằng các âm nổi trội đề xuất điều chỉnh mức áp suất âm đo được từ 3 dB đến 6 dB cộng thêm vào mức đo được để đạt được mức đánh giá tương ứng.

TCVN 7878-2:2018

CHÚ THÍCH: ISO/PAS 20065 và TCVN 7878-1 (ISO 1996-1) đều không chỉ ra cách xác định độ lớn của mức điều chỉnh âm, K_T . Trong khi đó, có thể xác định K_T từ độ nghe rõ trung bình, ΔL , sử dụng Bảng J.1. ΔL được xác định trong ISO/PAS 20065.

Bảng J.1

Độ nghe rõ trung bình, ΔL , dB	Điều chỉnh âm sắc, K_T dB
$\Delta L \leq 0$	0
$0 < \Delta L \leq 2$	1
$2 < \Delta L \leq 4$	2
$4 < \Delta L \leq 6$	3
$6 < \Delta L \leq 9$	4
$9 < \Delta L \leq 12$	5
$12 < \Delta L$	6

Vì độ chính xác của cuộc đánh giá chủ quan về tiếng ồn, thường thích hợp hơn khi sử dụng các bước lớn hơn 1 dB, ví dụ 3 dB, đó là

$\Delta L \leq 2$ dB: $K_T = 0$ dB

2 dB $< \Delta L \leq 9$ dB: $K_T = 3$ dB

$\Delta L > 9$ dB: $K_T = 6$ dB

Phụ lục K

(Tham khảo)

**Phương pháp khách quan đánh giá độ nghe rõ các âm trong tiếng ồn –
Phương pháp khảo sát**

Thử nghiệm đối với sự hiện diện của một thành phần nổi bật có phổ tần số riêng biệt (âm sắc) thường là so sánh mức áp suất âm theo thời gian trung bình của một vài tần số trong dải một phần ba octa với các mức áp suất âm theo thời gian trung bình trong hai dải một phần ba octa liền kề. Để xác định sự có mặt của âm sắc nổi bật, riêng biệt thì mức áp suất âm theo thời gian trung bình trong dải một phần ba octa đang quan tâm phải lớn hơn các mức áp suất âm theo thời gian trung bình của cả hai dải một phần ba octa liền kề bằng một vài mức hằng số khác nhau.

Các mức hằng số khác nhau này có thể biến đổi theo tần số. Có thể có các lựa chọn cho các mức khác nhau là 15 dB trong vùng tần số thấp của dải một phần ba octa (25 Hz đến 125 Hz), 8 dB trong các dải tần số trung bình (160 Hz đến 400 Hz), và 5 dB trong các dải tần số cao (500 Hz đến 10000 Hz).

Phụ lục L

(Tham khảo)

Các mô hình tính toán cụ thể của quốc gia và châu Âu

L.1 Giao thông đường bộ

Áo: Tiêu chuẩn Áo RVS 3.02 Lärmschutz, tháng 12 năm 1997.

Đan Mạch, Phần Lan, Iceland, Na Uy, Thụy Điển:

- Tiếng ồn giao thông đường bộ - Phương pháp dự đoán Bắc Âu, TemaNord 1996: 525, ISBN 92 9120 836 1, ISSN 0908-6692 (Không còn sử dụng ở Đan Mạch, phương pháp chính thức ở các quốc gia khác).
- Đường Nord 2000. Phương pháp dự đoán mới của Bắc Âu đối với tiếng ồn giao thông đường bộ (Có thể tải xuống từ www.delta.dk. Phương pháp sử dụng chính thức ở Đan Mạch, được sử dụng khuyến khích ở các quốc gia khác)

Liên minh châu Âu: Mô hình CNOSSOS-EU [12]

Pháp: Phương pháp dự đoán tiếng ồn của Pháp đối với đường bộ, đường sắt và công nghiệp NF S 31-133: 2011 Âm học – Tiếng ồn ngoài trời – Tính mức âm, AFNOR, tháng 2 năm 2011. Phần mềm tham khảo có sẵn từ <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/les-bibliotheques-logicielles-de-a5604.html>

Đức: RLS-90. Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen

Nhật Bản: Mô hình dự đoán tiếng ồn giao thông đường bộ ASJ RTN-Model 2013. Báo cáo kỹ thuật, được công bố trên Acoust. Sei. và Tech. Vol. 36 (2015), có thể được tải xuống từ <http://www.asj.gr.jp/eng/>

Hà Lan: Reken en en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai 2012, xác định phương pháp cơ bản (Standaard Rekenmethode I) và phương pháp tiên tiến (Standaard Rekenmethode II)

Thụy Sĩ: StL-86

Vương quốc Anh: CRTN-88. Thời gian 18 giờ ban ngày tính L_{10} .

Mỹ: TNM 1998: lý thuyết tia hình học và lý thuyết nhiễu xạ - phổ dải 1/3 octa

L.2 Giao thông đường sắt

Áo: Berechnung der Schallimmission durch Schienenverkehr, Zugverkehr, Vershub- und Umschlagbetrieb

Đan Mạch, Phần Lan, Iceland, Na Uy, Thụy Điển:

- Tiếng ồn giao thông đường sắt – Phương pháp dự đoán Bắc Âu, TemaNord 1996: 524, ISBN 92 9120 837 X, ISSN 0908-6692 (Không còn sử dụng ở Đan Mạch, phương pháp chính thức ở

các quốc gia khác)

- Nord 2000. Phương pháp dự đoán mới của Bắc Âu đối với tiếng ồn giao thông đường sắt (Có thể tải xuống từ www.delta.dk. Phương thức sử dụng chính thức ở Đan Mạch, sử dụng khuyến khích ở các quốc gia khác)

Liên minh châu Âu: CNOSSOS-EU Model[H]

Pháp: Phương pháp dự đoán tiếng ồn của Pháp đối với đường bộ, đường sắt và công nghiệp NF S 31-133: 2011 Âm học – Tiếng ồn ngoài trời – Tính mức âm, AFNOR, tháng 2 năm 2011. Phần mềm tham khảo có sẵn từ <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/les-bibliotheques-logicielles-de-a5604.html>

Dữ liệu phát thải đường sắt của Pháp được cung cấp trong SNCF. Description des données ferroviaires relatives à la cartographie stratégique du bruit pour l'échéance 2012. Báo cáo kỹ thuật, SNCF/RFF/DGITM, 12 2011. http://www.brijit.fr/images/stories/pdf/donnees_emission_ferroviaire_2012.pdf

Phần mềm tham khảo có tại: <http://www.setra.equipement.gouv.fr/Les-bibliotheques-logicielles-de.html>

Đức: Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03), BGBl. I 2014, trang 2271-2313

Nhật Bản: K.Nagakura và Y. Zenda, Mô hình dự đoán mức tiếng ồn bên đường của Shinkansen, Wave 2002, 237-244, BALKEMA PUBLISHERS.

Hà Lan: Reken en en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai 2012, xác định phương pháp cơ bản (Standaard Rekenmethode 1) và phương pháp tiên tiến (Standaard Rekenmethode II)

Thụy Sĩ: Schweizerisches Emissions-und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm (SEMIBEL)

Vương quốc Anh: Tính toán tiếng ồn đường sắt (CRN)

L.3 Giao thông hàng không

Canada: Giao thông vận tải Canada NEF

Liên minh Châu Âu: ECAC doc 29: Phương pháp tiêu chuẩn về tính toán tiếng ồn xung quanh sân bay dân sự

Thụy Sĩ: FLULA2

Mỹ: FAA INM 7.0d cho máy bay dân dụng cánh cố định; FAA HNM 2.2 cho máy bay trực thăng dân sự; USAF - NOISEMAP cho máy bay quân sự

Đức: Bekanntmachung der Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD) und der Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) nbn 19.11.2008 [Hướng dẫn về việc thu thập dữ liệu về hoạt động bay và tính toán các khu vực bảo vệ tiếng ồn], Bundesanzeiger Nr. 195a, 2008

L.4 Tiếng ồn công nghiệp

Liên minh châu Âu: CNOSSOS-EU ModellMi

Áo: ÖAL-Richtlinie 28 Schallabstrahlung und Schallausbreitung, 1987

Đan Mạch, Phần Lan, Iceland, Na Uy, Thụy Điển:

- Tiếng ồn môi trường từ các nhà máy công nghiệp. Phương pháp dự đoán chung. Tiếng ồn công nghiệp - Phương pháp dự đoán Bắc Âu, tương tự như ISO 9613-2EI.
- Nord 2000. Phương pháp dự đoán Bắc Âu mới (Có thể tải xuống từ www.delta.dk nhưng chưa được chính thức thông qua)

Đức: DIN ISO 9613-2, Akustik - Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren (ISO 9613-2: 1996) (Âm học - Sự suy giảm âm trong quá trình lan truyền ngoài trời - Phần 2: Phương pháp tính toán chung (ISO 9613-2: 1996)

Nhật Bản: Mô hình dự đoán tiếng ồn trong xây dựng của ASJ CN-Model 2002, Hiệp hội âm học Nhật Bản, 2002

Hà Lan: Handleiding Meten en rekenen industrielawaai 2012, xác định phương pháp cơ bản (Phương pháp I) và phương pháp tiên tiến (Phương pháp II).

Pháp: Phương pháp dự đoán tiếng ồn của Pháp đối với đường bộ, đường sắt và công nghiệp NF S 31-133: 2011 Âm học - Tiếng ồn ngoài trời - Tính toán mức âm, AFNOR, tháng 2 năm 2011. Phần mềm tham khảo từ <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/les-bibliotheques-logicielles-de-a5604.html>

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 21748, *Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation*
- [2] ISO 3745, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms*
- [3] Jonasson H., Carlsson C.-A, *Windscreens and directional microphones* (in Swedish), SP Report 1989:06
- [4] TCVN 12527-3 (IEC 61672-3), *Điện âm – Máy đo mức âm – Thử nghiệm định kỳ*
- [5] IMAGINE. Technical Report IMA09TR-040830-dBA0'1 on Measurements of Road, Rail and Air Traffic Noise
- [6] ICAO Annex 16 Volume 1, *Environmental Protection - Aircraft Noise*
- [7] Nordtest Method NT ACOU 112 Acoustics: *Prominence of impulsive sounds and for adjustments of L_{Aeq}*
- [8] BS 4142, *Methods for rating and assessing industrial and commercial sound*
- [9] ISO 9613-2, *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation*
- [10] ISO 13474, *Acoustics – Framework for calculating a distribution of sound exposure levels for impulsive sound events for the purposes of environmental noise assessment*
- [11] Salomons EM. *Computational Atmospheric Acoustics*. Springer, 2001, pp. 279.
- [12] Kepalopoulos S., Paviotti M., Anfosso-Lédée R *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. EUR 25379 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2012, p.
- [13] Jonasson H.G. *Source modelling of road vehicles*. *Acta Acústica (Les Ulis)*. 2007, 93 pp.173-184
- [14] NF S 31-010, *Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement*
- [15] DIN 45680, *Measurement and assessment of low-frequency noise immissions in the neighbourhood*
- [16] ISO 7196, *Acoustics – Frequency-weighting characteristics for infrasound measurement*
- [17] Ribeiro C., Ecotière D., Cellard P., Rosin Ch. *Uncertainties of the frequency response of wet microphone windscreens*. *Applied Acoustics*, Volume 78, April 2014, Pages 11-18, ISSN 0003-682X
- [18] Salomons E., van Maercke D., Defrance J., dE Roo F. *The Harmonoise Sound Propagation Model*. *Acta Acústica united with Acústica*, Volume 97, Number 1, January/February 2011, pp. 62-74(13)
- [19] ISO 9613-1, *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*
- [20] ISO/PAS 20065, *Acoustics – Objective method for assessing the audibility of tones in noise – Engineering method*
- [21] ISO 20906, *Acoustics – Unattended monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports*