

TCVN 7839 – 2 : 2007

ISO 11546 – 2 : 1995

Xuất bản lần 1

ÂM HỌC
XÁC ĐỊNH HIỆU QUẢ CÁCH ÂM CỦA VỎ CÁCH ÂM
PHẦN 2: PHÉP ĐO TẠI HIỆN TRƯỜNG
(CHO MỤC ĐÍCH CÔNG NHẬN VÀ KIỂM ĐỊNH)

*Acoustics – Determination of sound insulation performances of enclosures
Part 2: Measurements in situ (for acceptance and verification purposes)*

Lời nói đầu

TCVN 7839 –2 : 2007 hoàn toàn tương đương với ISO11546–2 : 1995.

TCVN 7839 –2 : 2007 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn 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.

TCVN 7839 gồm các tiêu chuẩn sau với tên chung Âm học xác định hiệu quả cách âm của vỏ cách âm.

TCVN 7839–1 : 2007 (ISO 11546–2:1995), Âm học – Xác định hiệu quả cách âm của vỏ cách âm – Phần 1: Các phép đo ở điều kiện phòng thí nghiệm (để công bố kết quả).

TCVN 7839–2 : 2007 (ISO 11546–2:1995), âm học – Xác định hiệu quả cách âm của vỏ cách âm – Phần 2: Phép đo tại hiện trường (cho mục đích công nhận và kiểm định).

Âm học – Xác định hiệu quả cách âm của vỏ cách âm

Phần 2: Phép đo tại hiện trường (cho mục đích công nhận và kiểm định)

*Acoustics – Determination of sound insulation performances of enclosures
Part 2: Measurements in situ (for acceptance and verification purposes)*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp đo tại hiện trường để xác định hiệu quả cách âm (độ suy giảm âm) của vỏ cách âm.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho từng phần cấu tạo nên vỏ cách âm mà chỉ áp dụng cho toàn bộ vỏ cách âm.

CHÚ THÍCH

1 Cách âm của các bộ phận cấu tạo nên vỏ như tường, cửa ra vào, cửa sổ, bộ phận giảm thanh v.v. phải được đo phù hợp với các tiêu chuẩn liên quan khác.

2 Các tiêu chuẩn liên quan đến phép đo độ giảm tiếng ồn của vỏ cách âm trong điều kiện phòng thí nghiệm (TCVN 7839 – 1 (ISO 11546 – 1)) và trong cabin (ISO 11957).

Các phương pháp đo quy định trong tiêu chuẩn này dựa trên ISO 3740, ISO 9614, và ISO 11200 (xem Bảng 1). Phụ thuộc vào phương pháp được lựa chọn mà hiệu quả cách âm (Độ suy giảm âm) của vỏ cách âm được xác định bằng độ suy giảm của mức công suất âm hoặc mức áp suất âm. Phương pháp này được đưa ra để đo tại vị trí mà vỏ cách âm bao quanh nguồn âm thực (máy). Khi các phương pháp này không thể thực hiện được có thể sử dụng các phương pháp thay thế như phương pháp sử dụng nguồn âm nhân tạo. Các phương pháp này cũng được mô tả trong tiêu chuẩn này.

2 Tiêu chuẩn viện dẫn

Các tiêu chuẩn viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tiêu chuẩn viện dẫn ghi năm ban hành thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tiêu chuẩn viện dẫn không ghi năm ban hành thì áp dụng bản mới nhất.

TCVN 6775: 2000 (IEC 651:1979), Máy đo mức âm.

TCVN 7839 – 2: 2007

TCVN 7192–1 (ISO 717–1):, Âm học – Đánh giá cách âm trong xây dựng và các kết cấu xây dựng.
Phần 1: Cách âm không khí.

ISO 140–6:1978, ISO 140–6:1978, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors. (*Âm học, đo đạc cách âm trong xây dựng và các kết cấu xây dựng – Phần 6: Phép đo trong phòng thí nghiệm về cách âm va chạm cửa sàn*).

ISO 3743–1:1994, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms. (*Âm học – Xác định mức công suất âm của nguồn ồn – Phương pháp kỹ thuật cho nguồn nhỏ, nguồn di động trong trường vang – Phần 1: Phương pháp so sánh cho phòng thử nghiệm có tường cứng*).

ISO 3744:1994, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane (*Âm học – Xác định mức công suất âm của nguồn ồn sử dụng áp suất âm – Phương pháp kỹ thuật trong điều kiện trường tự do trên bề mặt phản xạ*).

ISO 3746:1995, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane (*Âm học – Xác định các mức công suất âm của nguồn ồn sử dụng áp suất âm – Phương pháp điều tra sử dụng phép đo tổng quát bề mặt trên mặt phản xạ âm*).

ISO 3747:1987, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Survey method using a reference sound source (*Âm học – Xác định công suất âm của nguồn ồn – phương pháp điều tra bằng sử dụng nguồn âm đối chiếu*).

ISO 4871, Acoustics – Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment. (*Âm học – Thông báo và kiểm tra tiếng ồn phát ra từ máy móc và thiết bị*).

ISO 9614–1:1993, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points. (*Âm học – Xác định mức công suất âm của nguồn ồn khi sử dụng cường độ âm – Phần 1: Phép đo ở các vị trí riêng biệt*).

ISO 9614–2, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurement by scanning. (*Âm học – Xác định mức công suất âm của nguồn ồn khi sử dụng cường độ âm – Phần 2: Phép đo bằng phương pháp quét*).

ISO 11201:1995, Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane. (*Âm học – Tiếng ồn phát ra từ máy móc và thiết bị – Phép đo mức áp suất âm tại vị trí làm việc và tại các vị quy định khác – Phương pháp kỹ thuật trong điều kiện trường âm tự do trên bề mặt phản xạ âm*).

ISO 11202:1995, Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions – Survey method *in situ*. (*Âm học – Tiếng ồn phát ra từ máy móc và thiết bị – Phép đo mức áp suất âm tại vị trí làm việc và tại các vị trí quy định khác – Phương pháp khảo sát tại hiện trường*).

ISO 11204:1995, Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions – Method requiring environmental corrections. (*Âm học – Tiếng ồn phát ra từ máy móc và thiết bị – Phép đo mức áp suất âm tại vị trí làm việc và tại các vị trí quy định khác – Phương pháp có yêu cầu hiệu chỉnh theo môi trường*).

IEC 804:1985, Integrating–averaging sound level meters (*Máy đo mức âm tương đương trung bình*).

IEC 942:1988, Sound calibrators. (*Thiết bị hiệu chuẩn âm thanh*).

IEC 1260, Electroacoustics – Octave–band and fractional–octave–band filters. (*Điện âm học – Bộ lọc dải 1 octa và một phần của dải octa*).

3 Định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các định nghĩa sau.

3.1

Đặc tính A (A-weighted)

Đặc tính tần số được định nghĩa trong TCVN 6775 (IEC 651)

3.2

Vỏ cách âm (enclosure)

Kết cấu bao bọc nguồn ồn (máy), thiết kế để bảo vệ môi trường khỏi nguồn ồn (máy)

CHÚ THÍCH 3

Ví dụ, vỏ cách âm có thể là một kết cấu tự do đặt trên sàn hoặc kết cấu có hoặc không cố định vào máy (Vỏ cách âm cố định vào máy, xem điều 4)

3.3

Mức áp suất âm, L_p (sound pressure level, L_p)

Mười lần lôgarit cơ số 10 của tỷ số giữa bình phương áp suất âm của một âm thanh và bình phương của áp suất âm chuẩn. Mức áp suất âm tính bằng decibel. Áp suất âm chuẩn là 20 μ Pa (2×10^{-5} Pa)

3.4

Mức áp suất âm trung bình $\overline{L_p}$ (average sound pressure level, $\overline{L_p}$)

TCVN 7839 – 2: 2007

Tính theo bình phương trung bình các mức áp suất âm:

$$\bar{L}_W = 10 \lg \left(\frac{10^{0,1L_{p1}} + 10^{0,1L_{p2}} + \dots + 10^{0,1L_{pn}}}{n} \right) \text{ dB}$$

Trong đó $L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pn}$ là mức áp suất âm, tính bằng decibel, được tính trung bình.

3.5

Mức công suất âm, L_W (sound power level, L_W)

Mười lần lôgarit cơ số 10 của tỷ số giữa công suất âm và công suất âm chuẩn. Mức công suất âm tính bằng decibel. Công suất âm chuẩn là 1pW (10^{-12} W):

3.6

Mức công suất âm trung bình, \bar{L}_W (average sound power level, \bar{L}_W)

Tính theo bình phương trung bình của các mức công suất:

$$\bar{L}_W = 10 \lg \left(\frac{10^{0,1L_{W1}} + 10^{0,1L_{W2}} + \dots + 10^{0,1L_{Wn}}}{n} \right) \text{ dB}$$

Trong đó $L_{W1}, L_{W2}, \dots, L_{Wn}$, là mức công suất âm, tính bằng decibel, được tính trung bình.

3.7

Độ cách âm theo công suất âm, D_W (sound power insulation, D_W)

Độ giảm mức công suất âm thu được do có vỏ cách âm (dải 1 octa hoặc dải 1/3 octa). Tính bằng decibel

3.8

Độ cách âm tính bằng công suất âm theo đặc tính A, D_{WA} (A-weighted sound power insulation, D_{WA})

Độ giảm mức công suất âm theo đặc tính A do sử dụng vỏ cách âm với phổ nguồn âm thanh thực. Tính bằng decibel

3.9

Độ cách âm theo áp suất âm, D_p (sound pressure insulation, D_p)

Độ giảm mức áp suất âm do sử dụng vỏ cách tại một vị trí xác định, (dải 1 octa hoặc dải 1/3 octa). Tính bằng decibel

3.10

Độ cách âm tính bằng áp suất âm theo đặc tính A, D_{pA} (A-weighted sound pressure insulation, D_{pA})

Độ giảm mức áp suất âm theo đặc tính A do sử dụng vỏ cách âm tại một vị trí xác định cho phổ của nguồn âm thanh thực. Tính bằng decibel

3.11

Độ cách âm ước tính của vỏ cách âm, $D_{WA,e}$ hoặc $D_{pA,e}$ (estimated noise insulation due to the inclosure $D_{WA,e}$ or $D_{pA,e}$)

Tính toán độ giảm mức công suất âm hoặc mức áp suất âm theo đặc tính A thu được từ D_w hoặc D_p , phép đo phải phù hợp với tiêu chuẩn này, và phổ tiếng ồn được quy định (xem Phụ lục C). Tính bằng decibel.

3.12

Độ cách âm tính bằng công suất âm theo trọng số, $D_{W,w}$ (weighted sound power insulation, $D_{W,w}$)

Giá trị đơn được xác định theo phương pháp phù hợp với TCVN 7192 –1 (ISO 717–1), ngoại trừ chỉ số giảm âm được thay bằng mức suy giảm của công suất âm D_w . Tính bằng decibel

3.13

Tỉ lệ choán chỗ, ϕ (fill ratio, ϕ)

Tỉ số giữa thể tích của nguồn trong vỏ cách âm và thể tích bên trong của vỏ cách âm đó.

Trong trường hợp khi hình dạng của nguồn phức tạp khó tính thể tích, có thể sử dụng thể tích hộp tương đương được xác định theo ISO 3744 hoặc ISO 3746.

3.14

Tỉ lệ khe hở, θ (leak ratio, θ)

Tỉ số giữa diện tích các mặt hở của vỏ cách âm và tổng diện tích bề mặt trong của vỏ cách âm (bao gồm cả các mặt hở).

CHÚ THÍCH

4 Các khe hở đủ làm suy giảm âm như các bộ giảm âm không được coi như là những khe hở được đề cập ở trên.

5 Giá trị nghịch đảo của tỉ lệ khe hở được gọi là tỉ lệ đảm bảo ψ ($\psi = 1/\theta$)

4 Lựa chọn phương pháp đo

Có thể đo chính xác giá trị hiệu quả cách âm của vỏ cách âm khi thực hiện phép đo sử dụng vỏ cách âm được thiết kế cho nguồn âm thực, vì vậy, khi có khả năng thực hiện phép đo phải dùng phương pháp

TCVN 7839 – 2: 2007

sử dụng nguồn âm thực. Nếu vỏ cách âm gắn cố định hoặc gắn liền với nguồn âm khác, hiệu quả cách âm chỉ có thể xác định được bằng nguồn âm thực.

CHÚ THÍCH 6

Kết quả của phép đo tại hiện trường phụ thuộc vào cấu trúc của vỏ cách âm và người lắp đặt.

Trong một vài trường hợp riêng, nguồn âm nhân tạo có thể sử dụng thay cho nguồn âm thực của vỏ cách âm. Ví dụ phương pháp này có thể được sử dụng trong trường hợp khi nguồn âm thực (máy) không thể làm việc mà không có thiết bị hỗ trợ với mức ồn cao. Hơn nữa, nguồn âm nhân tạo có thể được sử dụng trong những trường hợp không thể tạo nên điều kiện vận hành xác định đối với máy trong suốt quá trình đo có và không có vỏ cách âm, theo thứ tự đã định sẵn.

Tỉ lệ khe hở của một vỏ cách âm được đo phải phù hợp với tiêu chuẩn này với nguồn âm nhân tạo phải nhỏ (tốt nhất là $\theta < 2\%$) và mặt trong của vỏ cách âm phải phủ vật liệu hút âm.

CHÚ THÍCH 7

Vỏ cách âm có tỉ lệ khe hở lệch càng nhiều so với tiêu chuẩn về tỉ lệ khe hở và tiêu chuẩn về hút âm thì càng phải thực hiện phép đo sử dụng nguồn âm thực.

Trong trường hợp cần có giá trị đơn dựa trên việc tiến hành các phép đo bằng phương pháp hoán vị hoặc phương pháp sử dụng nguồn âm nhân tạo, thì sử dụng độ cách âm tính bằng áp suất âm theo trọng số, $D_{pr,w}$, và độ cách âm tính bằng công suất âm theo trọng số, $D_{w,w}$, (Xem định nghĩa 3.12). Độ cách âm theo trọng số là giá trị đơn có thể dùng để so sánh gần đúng giữa các loại vỏ cách âm khác nhau. Tuy nhiên, đại lượng này không được sử dụng như là phép đo chung cho hiệu quả cách âm của vỏ cách âm vì hiệu quả cách âm trong thực tế phụ thuộc rất nhiều vào phổ của tiếng ồn thực.

Tiêu chuẩn này được áp dụng cùng với các tiêu chuẩn quốc tế khác có liên quan để xác định mức công suất âm hoặc mức áp suất âm. Khả năng áp dụng các phương pháp khác nhau mô tả ở trên được tóm tắt trong Bảng 1 và trong Phụ lục C

Phải đáp ứng được các yêu cầu liên quan đến thể tích lớn nhất của vỏ cách âm quy định trong các tiêu chuẩn quốc tế liên quan trong Bảng 1.

Nếu đã biết hoặc giả thiết được phổ tiếng ồn thực, thì độ giảm mức ồn theo đặc tính A do sử dụng vỏ cách âm có thể ước tính được theo phương pháp đưa ra trong Phụ lục D.

CHÚ THÍCH 8

Kết quả đo thu được khi sử dụng nguồn âm thực không nhất thiết phải so sánh với kết quả đo thu được khi sử dụng nguồn âm nhân tạo. Trong trường hợp nguồn âm thực được gắn với vỏ cách âm sự truyền âm theo kết cấu có thể ảnh hưởng đến kết quả đo.

Bảng 1 – Khả năng áp dụng các phương pháp thử khác nhau

Phương pháp thử	Môi trường thử	Tiêu chuẩn quốc tế	Ký hiệu ¹⁾	Điều
Nguồn âm thực	Phòng thử có tường cứng	ISO 3743-1	D_W, D_{WA}	6.1
	Ngoài nhà hoặc trong phòng rộng	ISO 3744	D_W, D_{WA}	6.2
	Môi trường thử không đặc biệt	ISO 3746	D_{WA}	
	Môi trường thử không đặc biệt	ISO 3747	D_W, D_{WA}	
	Môi trường thử không đặc biệt	ISO 9614–1 ISO 9614–2	D_W, D_{WA}	6.1 6.3
	Trường tự do trên bề mặt phản xạ; trong nhà hoặc ngoài nhà	ISO 11201	D_p, D_{pA}	
	Môi trường thử không đặc biệt	ISO 11202	D_{pA}	
	Ngoài nhà hoặc trong phòng rộng	ISO 11204	D_p, D_{pA}	
Nguồn âm nhân tạo	Phòng thử có tường cứng	ISO 3743–1	$D_W, D_{W,w}$	7.1
	Ngoài nhà hoặc trong phòng rộng	ISO 3744	$D_W, D_{W,w}$	7.2
	Môi trường thử không đặc biệt	ISO 3747	$D_W, D_{W,w}$	7.3
	Môi trường thử không đặc biệt	ISO 9614–1 ISO 9614–2	$D_W, D_{W,w}$	
	Trường tự do trên bề mặt phản xạ; trong nhà hoặc ngoài nhà	ISO 11201	D_p	
	Ngoài nhà hoặc trong phòng rộng	ISO 11204	D_p	
¹⁾ Ký hiệu phù hợp với điều 3				

5 Thiết bị đo

Hệ thống thiết bị đo, kể cả micro và cáp, phải phù hợp với những yêu cầu cho thiết bị loại 1 được quy định trong TCVN 6775 (IEC 651), hoặc trong trường hợp thiết bị đo mức âm trung bình tương đương thì theo các yêu cầu đối với thiết bị loại 1 được quy định trong IEC 804.

CHÚ THÍCH 9

Nhìn chung, nên ưu tiên sử dụng thiết bị đo mức âm trung bình tương đương.

TCVN 7839 – 2: 2007

Thực hiện các phép đo ở dải 1 octa hoặc dải 1/3 octa, hệ thống thiết bị đo phải đạt các yêu cầu đối với bộ lọc loại 1 được quy định trong IEC 1260.

Trước và sau mỗi loạt đo, phải kiểm định toàn bộ hệ thống bằng thiết bị hiệu chuẩn âm với độ chính xác $\pm 0,3\text{dB}$ (loại 1 phù hợp với IEC 942).

CHÚ THÍCH

10 Phương pháp kiểm định tương đương được chứng minh là có thể sử dụng để kiểm tra tính ổn định của hệ thống.

11 Khi tiến hành đo theo ISO 3746, ISO 11202 và ISO 11204 (để khảo sát), có thể chấp nhận sử dụng thiết bị loại 2.

6 Phương pháp thử nghiệm áp dụng cho vỏ cách âm với nguồn âm thực

6.1 Tổng quan

6.1.1 Khi áp dụng phương pháp nguồn âm thực, thể tích cho phép lớn nhất của vỏ cách âm được quy định trong các tiêu chuẩn quốc tế có liên quan trong Bảng 1.

6.1.2 Nguồn âm thực phải làm việc trong trạng thái bình thường và không đổi giữa các lần đo có hay không có vỏ cách âm. Nếu có các thử nghiệm đặc biệt cho nguồn âm thực thì điều kiện làm việc của nguồn âm phải được quy định riêng cho mỗi trường hợp.

6.1.3 Nếu vỏ cách âm có các thành phần động (ví dụ: quạt) thì những thành phần này phải ở trạng thái vận hành trong suốt quá trình đo. Nếu những thành phần động này không vận hành liên tục thì phép đo phải được tiến hành trong cả 2 trường hợp thành phần động đó ở trạng thái vận hành và không vận hành.

6.1.4 Nếu có thể, nên chọn vị trí đặt micro để có thể đem lại điều kiện môi trường thử nghiệm như nhau trong cả hai trường hợp có hay không có vỏ cách âm. Khi đo với vỏ cách âm, đối tượng thử nghiệm phải được chỉ rõ là máy móc có vỏ cách âm. Vị trí đặt micro khi đo nguồn âm có vỏ cách âm, nếu có thể, nên đặt giống như trường hợp nguồn không có vỏ cách âm.

CHÚ THÍCH 12

Khi các phép đo được tiến hành với những vỏ cách âm có độ cách âm cao, phải tiến hành cẩn thận để đảm bảo rằng âm /rung truyền theo kết cấu sàn của phòng thử không ảnh hưởng đến kết quả phép đo.

6.2 Xác định độ cách âm theo công suất âm

Một trong số các ISO 3743–1, ISO 3744, ISO 3746, ISO 3747, ISO 9614–1 hoặc ISO 9614–2 được chọn tùy thuộc vào môi trường thử nghiệm.

Xác định mức công suất âm trung bình theo thời gian của một chu kỳ vận hành điển hình của máy.

Thực hiện phép đo có hoặc không có vỏ cách âm. Độ cách âm của công suất âm ở dải 1 octa hoặc dải 1/3 octa (D_W) và theo đặc tính A (D_{WA}) được cho bởi:

$$D_W = L_W (\text{không có vỏ cách âm}) - L_W (\text{có vỏ cách âm}) \quad (1)$$

$$D_{WA} = L_{WA} (\text{không có vỏ cách âm}) - L_{WA} (\text{có vỏ cách âm}) \quad (2)$$

Trong đó

L_W là mức công suất âm, tính bằng decibel, ở dải 1 octa hoặc 1/3 octa được đo theo tiêu chuẩn quốc tế có liên quan;

L_{WA} là mức công suất âm theo đặc tính A, tính bằng decibel, được đo hoặc được tính toán phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế liên quan.

Dải tần số ít nhất phải bao phủ dải từ 100 Hz đến 5.000 Hz đối với dải 1/3 octa, và từ 125 Hz đến 4.000 Hz đối với dải 1 octa.

CHÚ THÍCH 13

Ưu tiên sử dụng dải tần số từ 50 Hz đến 10.000 Hz đối với dải 1/3 octa và từ 63 Hz đến 8.000 Hz đối với dải 1 octa.

Mức âm theo đặc tính A được tính từ dải các mức áp suất âm khi sử dụng các ISO 3743–1, ISO 3747, ISO 9614–1 và ISO 9614–2. Theo ISO 3744 mức âm theo đặc tính A có thể tính được hoặc đo trực tiếp. Theo ISO 3746 mức công suất âm theo đặc tính A mới có thể xác định được

CHÚ THÍCH 14

Ưu tiên tính giá trị mức âm theo đặc tính A để đảm bảo tính nhất quán giữa thông số dải tần và giá trị theo đặc tính A

Trong điều kiện môi trường thử nghiệm và vị trí micro giống nhau ở phép đo có hoặc không có vỏ cách âm, độ chênh lệch của mức công suất âm là bằng với độ chênh lệch của mức áp suất âm tùy theo tiêu chuẩn quốc tế được lựa chọn. Điều này nghĩa là với cùng điều kiện thử nghiệm (tức là hiệu chỉnh môi trường giống nhau) thì không nhất thiết phải chuyển kết quả đo mức áp suất âm thành mức công suất âm trước khi tính toán độ chênh lệch mức âm. Phải xác định mức công suất âm, nếu các phép đo có hoặc không có vỏ cách âm không thể thực hiện được trong khoảng thời gian ngắn ở điều kiện thử nghiệm giống nhau và được kiểm soát hoàn toàn.

CHÚ THÍCH 15

Trong trường hợp âm thanh bị bức xạ từ một phần nhỏ của vỏ cách âm (ví dụ từ một khe hở) và phép đo bị cản trở bởi mức ồn nền cao, có thể xác định công suất âm bức xạ từ vỏ cách âm trên một diện tích giới hạn phía trước vùng bức xạ. Cần phải chắc chắn rằng bức xạ âm từ phần diện tích đó của vỏ cách âm không bị bao phủ bởi bề mặt đo giới hạn là không đáng kể.

6.3 Xác định độ cách âm theo áp suất âm tại một vị trí xác định

Thực hiện các phép đo được quy định trong ISO 11201, ISO 11202 hoặc ISO 11204. Độ cách âm của áp suất âm ở dải 1 octa hoặc 1/3 octa (D_p) và theo đặc tính A (D_{pA}) được tính bằng:

$$D_p = L_p (\text{không có vỏ cách âm}) - L_p (\text{có vỏ cách âm}) \quad (3)$$

$$D_{pA} = L_{pA} (\text{không có vỏ cách âm}) - L_{pA} (\text{có vỏ cách âm}) \quad (4)$$

Trong đó

L_p là mức áp suất âm theo dải 1 octa hoặc 1/3 octa tại điểm đo được quy định phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế có liên quan, tính bằng deciben (dB);

L_{pA} là mức áp suất âm theo đặc tính A, tính bằng decibel, trong dải 1 octa hoặc 1/3 octa tại điểm đo được quy định hoặc được tính toán phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế có liên quan

Sử dụng dải tần số cho trong điều 6.2. Giá trị đo theo đặc tính A có thể đo trực tiếp hoặc tính toán từ thông số dải tần phù hợp với ISO 11201 và ISO 11204. Chỉ có thể đo được mức áp suất âm theo đặc tính A phù hợp với ISO 11202.

CHÚ THÍCH

16 Đối với các phép đo tại hiện trường không thể đáp ứng hoàn toàn các yêu cầu quy định trong ISO 11201 liên quan đến môi trường thử. Nếu các yêu cầu không được đáp ứng đầy đủ, kết quả đo có thể bị ảnh hưởng bởi âm thanh phản xạ. Trong trường hợp này, phải áp dụng tiêu chuẩn ISO 11202 hoặc ISO 11204.

17 Ưu tiên sử dụng tính toán giá trị theo đặc tính A để bảo đảm tính nhất quán giữa thông số dải tần và giá trị theo đặc tính A.

7 Phương pháp thử nghiệm áp dụng cho vỏ cách âm không có nguồn âm thực

7.1 Tổng quan

Trong trường hợp không thể sử dụng nguồn âm thực có thể thực hiện phép đo bằng nguồn âm nhân tạo (xem điều 4). Chỉ có thể xác định trực tiếp độ cách âm theo dải 1 octa và 1/3 octa khi sử dụng nguồn âm nhân tạo. (Với phổ nguồn ồn đã biết cách âm theo đặc tính A có thể đánh giá theo phương pháp được quy định trong Phụ lục D).

Thể tích của vỏ cách âm không được vượt quá thể tích tối đa cho phép được quy định trong các tiêu chuẩn quốc tế có liên quan.

Nếu vỏ cách âm bao gồm các thành phần động (ví dụ: quạt) thì không được sử dụng nguồn âm nhân tạo.

CHÚ THÍCH 18

Phương pháp đo bằng cách sử dụng nguồn âm nhân tạo đặc biệt thích hợp để đo vỏ cách âm có tỉ lệ khe hở nhỏ ($\theta < 2\%$) và có bề mặt trong hút âm.

7.2 Phương pháp nguồn âm nhân tạo

Đối với phép đo yêu cầu độ chính xác và chính xác cấp kỹ thuật, nguồn âm nhân tạo phải có cấu tạo như quy định trong Phụ lục A. Tỉ lệ chiếm chỗ (3.13) không được vượt quá 25%. Công suất âm ra phải đủ lớn để tạo ra mức áp suất âm bên ngoài vỏ cách âm và phải thoả mãn các yêu cầu về tiếng ồn nền quy định trong các tiêu chuẩn quốc tế. Việc hiệu chỉnh tiếng ồn nền phải được thực hiện theo tiêu chuẩn quốc tế đó.

Đối với phép đo nhằm để khảo sát độ chính xác, có thể áp dụng các loại nguồn âm nhân tạo khác, ví dụ như loa hoặc nguồn âm chuẩn (ví dụ kiểu quạt). Tuy nhiên phải thấy rằng, môi trường có thể ảnh hưởng đến công suất phát của nguồn âm có trở kháng bức xạ âm thấp vì vậy dẫn đến các kết quả đo không đúng liên quan đến các phép đo mất âm truyền. Tránh sử dụng nguồn âm có trở kháng âm thấp khi đo các vỏ cách âm nhỏ.

Chú ý rằng độ chênh lệch mức âm có thể xảy ra giữa các kết quả thu được từ các phép đo được thực hiện với các kiểu của nguồn âm nhân tạo khác nhau.

CHÚ THÍCH

19 Nguồn âm nhân tạo càng vô hướng càng tốt. Trong trường hợp dùng loa, loại có nhiều mặt (tốt nhất là loại mười hai mặt) sẽ cho bức xạ âm theo mọi hướng gần như nhau.

20 Nguồn âm nhân tạo trình bày trong Phụ lục A có hướng bức xạ âm xuống dưới là chính, điều này dẫn đến bề mặt đặt nguồn âm sẽ bị dao động mạnh hơn. Trong trường hợp này, phải đặc biệt chú ý đến vỏ cách âm có phần đáy là gỗ nhẹ. Sự ảnh hưởng của trường âm gần từ nguồn âm có thể dẫn tới việc tăng bức xạ âm từ các mặt khác của vỏ cách âm do có sự tham gia của âm truyền theo kết cấu từ sàn.

Đối với phép đo trên vỏ cách âm không có đáy, có thể có nguy cơ xuất hiện âm truyền từ cạnh của vỏ cách âm xuống sàn của phòng thử. Phải đặc biệt chú ý nếu sàn của phòng thử làm bằng gỗ nhẹ hoặc bê tông.

Mức độ ảnh hưởng của trường âm gần có thể ước tính được bằng cách so sánh các kết quả của phép đo với nguồn âm đặt trên sàn và đặt nổi tách biệt với sàn (Xem Phụ lục A). Nếu có độ chênh lệch đáng kể về mức âm giữa những kết quả thử nghiệm thì phải tính đến ảnh hưởng của trường âm gần, và phải cân nhắc kỹ khi đưa ra vị trí đặt của nguồn âm thực.

Thực hiện phép đo với nguồn âm nhân tạo trong dải 1/3 octa và 1 octa được quy định trong điều 6.1, 6.2 và 6.3.

Trong trường hợp vỏ cách âm hình lập phương và gần như lập phương, nguồn âm nhân tạo phải được đặt trên sàn gần với tâm của vỏ cách âm hoặc ở vị trí dự kiến đặt nguồn âm thực.

Trong trường hợp vỏ cách âm có mặt đáy là hình chữ nhật, nguồn âm nhân tạo phải được đặt ở ít nhất 2 vị trí tương ứng với các vị trí dự kiến đặt nguồn âm thực.

Trong mọi trường hợp, nguồn âm không được đặt gần hơn 0,2 d so với bất kì mặt nào của vỏ cách âm, với d là đường kính trong nhỏ nhất của vỏ cách âm.

Nếu kích thước của vỏ cách âm cho phép thì có thể sử dụng hai hướng của nguồn âm với góc đặt nguồn là 90°

CHÚ THÍCH 21

Vị trí và các hướng của nguồn nhân tạo phải đạt được được sự đồng thuận giữa các bên hữu quan trong trường hợp vị trí đặt không rõ ràng.

Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình cộng của các kết quả đo được từ các vị trí đặt nguồn âm khác nhau.

Dải tần số tối thiểu phải bao trùm được từ 100 Hz tới 5.000 Hz với dải 1/3 octa và từ 125 Hz tới 4.000 Hz

TCVN 7839 – 2: 2007

với dải 1 octa.

CHÚ THÍCH 22

Ưu tiên sử dụng dải tần số từ 50 Hz tới 10.000 Hz đối với dải 1/3 octa và từ 63 Hz tới 8.000 Hz đối với dải 1 octa.

Tính toán sự cách âm theo công suất âm, D_w , từ công thức (1) (xem 6.2)

Tính toán sự cách âm theo áp suất âm, D_p , từ công thức (3) (xem 6.3)

7.3 Độ cách âm của công suất âm theo trọng số

Độ cách âm của công suất âm theo trọng số $D_{w,w}$, được tính toán giống như chỉ giảm âm theo trọng trong TCVN 7192-1 (ISO 717-1), ngoại trừ chỉ số giảm âm R phải được thay thế bằng D_w .

7.4 Ước tính độ cách âm của vỏ cách âm đối với phổ tiếng ồn đã biết

Nếu phổ tiếng ồn thực đã biết hoặc được giả thiết thì sự suy giảm mức công suất âm hoặc áp suất âm theo đặc tính A do sử dụng vỏ cách âm có thể ước tính theo phương pháp được trình bày trong Phụ lục D.

8 Độ không đảm bảo đo

Tiêu chuẩn này khi sử dụng với nguồn âm thực hoặc nguồn âm nhân tạo sẽ suất hiện độ lệch chuẩn mà độ lệch chuẩn này phải ngang bằng hoặc thấp hơn so với độ lệch chuẩn của tiêu chuẩn quốc tế đã sử dụng.

Nếu một giá trị kết quả đo được công bố, nó phải được chứng nhận phù hợp với ISO 4871.

9 Ghi lại kết quả đo

Thông tin liệt kê trong điều 9.1 và 9.5 khi áp dụng, phải được tuân thủ và ghi lại cho tất cả các phép đo được thực hiện phù hợp với tiêu chuẩn này.

9.1 Đối tượng thử nghiệm

Xác định vỏ cách âm (tên, tên thương mại)

- b) Mô tả chi tiết (tốt nhất là bao gồm cả bản vẽ kỹ thuật) của vỏ cách âm (vách ngăn, cửa sổ, cửa ra vào, liên kết giữa các vách ngăn, kết nối giữa vỏ cách âm và nguồn âm, v..v...)
- c) Tổng khối lượng của vỏ cách âm.
- d) Thể tích trong và thể tích ngoài, diện tích, các kích thước của vỏ cách âm.
- e) Tỷ lệ choán chỗ.
- f) Tỷ lệ khe hở và hình dạng khe hở.
- g) Mô tả bề mặt trong của vỏ cách âm
- h) Mô tả giá đáy của vỏ cách âm.

i) Phương pháp lấy mẫu của đối tượng thử nghiệm và các chi tiết khác (ngày lấy mẫu và tên của người chịu trách nhiệm).

9.2 Điều kiện thử nghiệm

- a) Thông số môi trường trong suốt quá trình thử nghiệm (nhiệt độ không khí, áp suất, độ ẩm tương đối, v.v...).
- b) Mô tả phòng sử dụng cho thí nghiệm (thể tích, kích thước, thời gian vang gần đúng, các vật thể phân tán hay che chắn).
- c) Mô tả vị trí của đối tượng thử nghiệm, nguồn âm và micro, tốt nhất là thể hiện trên bản vẽ phác họa phòng thử nghiệm).
- d) Mô tả cấu trúc sàn.

9.3 Thiết bị đo

Xác định thiết bị thử nghiệm và dụng cụ thử nghiệm được sử dụng.

9.4 Thông số âm học

- a) Phương pháp thử
- b) Sai số thông thường của phương pháp thử
- c) Đối với các phép đo được thực hiện với nguồn âm thực, phải đưa ra các thông tin:
 - 1) độ cách âm theo công suất âm, D_W ;
 - 2) độ cách âm tính bằng công suất âm theo đặc tính A, D_{WA} và, nếu cần
 - 3) độ cách âm theo áp suất âm, D_p
 - 4) độ cách âm tính bằng áp suất âm theo đặc tính A, D_{pA}
- d) Đối với các phép đo được tiến hành khi sử dụng nguồn âm nhân tạo:
 - 1) độ cách âm theo công suất âm, D_W
và, nếu cần
 - 2) độ cách âm theo áp suất âm, D_p
- e) Độ không đảm bảo của phép đo

Tất cả các kết quả đo phải tính bằng deciben (dB) và làm tròn đến số nguyên gần nhất.

Hiệu quả cách âm ở dải 1 octa và 1/3 octa phải được ghi theo dạng bảng, và tốt nhất là thể hiện ở dạng biểu đồ. Để minh họa bằng biểu đồ hiệu quả cách âm theo dB, vẽ sơ đồ dựa vào tần số Hz theo tỉ lệ loga, độ dài của tỉ lệ tần số 10:1 phải bằng với độ dài của 25 dB trên trục tung.

TCVN 7839 – 2: 2007

Đối với các kết quả thu được phải phù hợp với tiêu chuẩn này, khuyến nghị là 1 octa tương ứng với 15 mm và 10 dB tương ứng là 20 mm

9.5 Thông tin bổ sung

- Tên và địa chỉ của phòng thử nghiệm.
- Số chứng nhận của báo cáo thử nghiệm.
- Tên và địa chỉ của nhà sản xuất hoặc cung cấp đối tượng thí nghiệm.
- Ngày thử.
- Chữ ký của người tiến hành thử.

10 Báo cáo kết quả đo

Thông tin cho trong Bảng 2 phải có trong báo cáo

Bảng 2 – Các thông số để báo cáo

Phép đo với nguồn âm thực	Phép đo với nguồn âm nhân tạo ¹⁾
D_W , D_{WA} và nếu cần D_p , D_{pA}	D_W và, nếu cần D_p
CHÚ THÍCH – Có thể đưa các giá trị mức âm theo đặc tính A phù hợp với ISO 3746 và ISO 11202.	
¹⁾ Có thể bổ sung các giá trị đơn như $D_{W,w}$, $D_{WA,e}$ hoặc $D_{pA,e}$. Trong các trường hợp như vậy các thông số dải tần cũng phải đưa vào.	

Mỗi lần kết quả thử nghiệm được báo cáo, phải nói rõ đã dùng phương pháp nguồn âm thực, phương pháp hoán vị hay phương pháp nguồn âm nhân tạo. Tiêu chuẩn quốc tế gốc được sử dụng cũng phải nói rõ.

Nếu môi trường đo không đủ khả năng cho toàn bộ dải tần số, kết quả có thể vẫn được công bố với điều kiện phải chỉ rõ tần số ngoài khả năng.

Tên, địa chỉ của phòng thí nghiệm và ngày thử nghiệm phải được báo cáo.

Từng phần của những thông tin được đề cập đến ở trên, chỉ những thông số (xem điều 9) cần cho mục đích của phép đo mới phải báo cáo.

Phụ lục A

(quy định)

Nguồn âm nhân tạo

Sơ đồ vẽ nguồn âm nhân tạo được thể hiện trong Hình A.1

Nguồn âm nhân tạo phải là nguồn ổn định cơ học có dải tần rộng, ổn định phù hợp với những yêu cầu dưới đây.

Nguồn âm gồm có máy gõ chuẩn được gõ trên bản thép không có chống rung.

Máy gõ phải đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn ISO 140–6.

Kích thước của tấm thép là 4mm x 800mm (gần đúng) x 300mm (gần đúng).

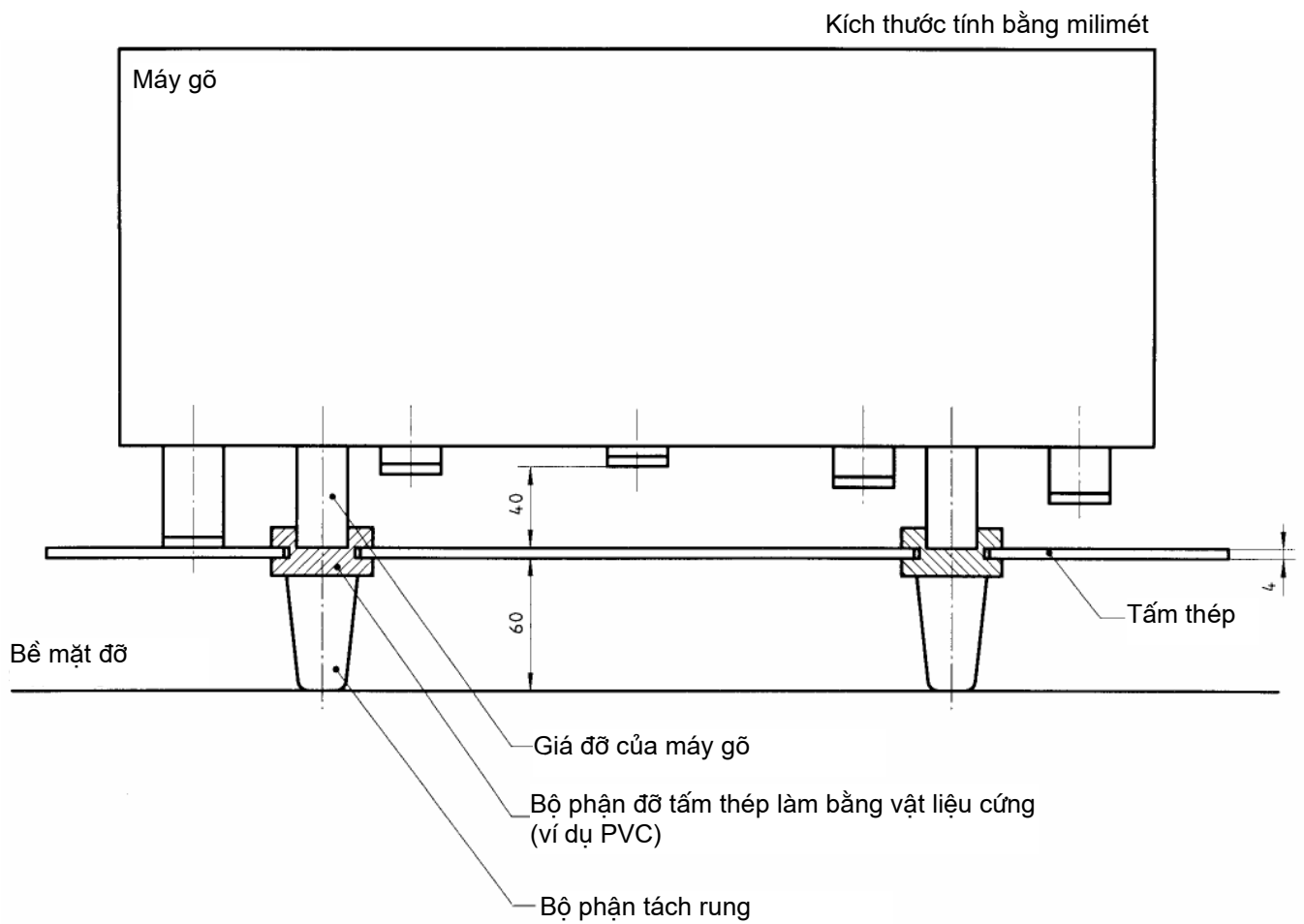
Khoảng cách giữa máy gõ và tấm thép phải tương ứng với khoảng cách rơi chuẩn của búa (40 mm).

Khoảng cách giữa tấm thép và mặt đỡ phải là 60mm. Các chi tiết khi lắp đặt có thể thay đổi phụ thuộc vào cách chế tạo máy gõ. Tuy nhiên, tránh sự tắt dần của bản thép. Hiện tượng tắt dần có thể thay đổi phổ âm và làm giảm âm thanh phát ra.

Bộ phận tách rung phải được lựa chọn để làm tắt cao độ của âm truyền theo kết cấu từ nguồn âm tới mặt đỡ.

Nguồn âm nhân tạo phải được đặt càng gần vị trí của nguồn âm thực càng tốt. Nếu vị trí ở phía trên mặt sàn, mặt đỡ của nguồn âm nhân tạo phải không được hấp thụ âm.

Một ví dụ về nguồn âm phổ cho nguồn âm nhân tạo được thiết kế phù hợp với Phụ lục này được quy định trong Phụ lục B, sơ đồ B.1. (Độ dài của tấm thép sử dụng cho phép đo này là 600 mm). Đối với một nguồn âm nhân tạo thực sự được thiết kế phù hợp với quy định trong Phụ lục này, thì âm phổ có thể khác so với Phụ lục B. Nếu mức công suất âm nhất thiết phải thấp hơn như quy định trong Phụ lục B, do bộ phận đỡ chưa được tối ưu, thì hiện tượng tắt dần của tấm thép phải được kiểm tra để xem cao độ của âm truyền có quá cao hay không.



Hình A.1 – Nguồn âm nhân tạo (sơ đồ hệ thống)

Phụ lục B

(Tham khảo)

Mẫu phổ nguồn âm

CHÚ THÍCH : Mức công suất âm theo đặc tính A, $L_{WA} = 110$ dB

Hình B.1 – Phổ nguồn của một nguồn âm nhân tạo được xây dựng theo hướng dẫn cho trong Phụ lục A (được xác định phù hợp với ISO 3741)

Phụ lục C

(Tham khảo)

Hướng dẫn đánh giá khả năng áp dụng các môi trường thử nghiệm khác nhau để đo đặc tại hiện trường

Tiêu chuẩn này liên quan đến các tiêu chuẩn quốc tế sau đây: ISO 3743–1, ISO 3744, ISO 3746, ISO 3747, ISO 9614–1, ISO 9614–2, ISO 11201, ISO 11202 và ISO 11204. Các tiêu chuẩn này đưa ra yêu cầu chi tiết liên quan đến điều kiện và môi trường thử nghiệm.

Phụ lục này đưa ra hướng dẫn để dễ dàng chọn ra phương pháp thích hợp nhất với một tình huống đo đặc thực tế.

Trong ISO 3744, ISO 3746, ISO 11201, ISO 11202 và ISO 11204 môi trường thử nghiệm được mô tả bằng thuật ngữ hiệu chuẩn môi trường K_2 . Giá trị K_2 trong phòng thử nghiệm được xác định bởi tổng diện tích các bề mặt bao của phòng (S_v), hệ số hút âm trung bình của phòng (α) và diện tích của các bề mặt đo bao quanh nguồn ồn (S). Bảng C.1 đưa ra các yêu cầu cho K_2 . Hơn nữa, độ chênh lệch tối thiểu cho phép giữa tiếng ồn nền và mức áp suất của đối tượng thử nghiệm (ΔL) cũng được đưa ra.

Từ hình C1, cũng có thể xác định được giá trị tương ứng của α và tỉ lệ S_v/S .

Để ước tính khả năng áp dụng ISO 3744, ISO 3746, ISO 11201, ISO 11202 và ISO 11204 cho một tình huống đo đặc thực tế tại hiện trường trong phòng, cần làm các việc sau:

a Từ Bảng C.2, xác định hệ số hút âm trung bình gần đúng, α .

b Từ sơ đồ C.1 xác định giá trị của S_v/S tương ứng với α

c Tính toán S_v/S cho tình huống thực tế ($S_v/S_{thực\ tế}$)

d Nếu $S_v/S_{thực\ tế} \geq S_v/S$ được xác định từ hình C.1, môi trường thử nghiệm được ước tính là có thể áp dụng được.

Phương pháp nêu trên chỉ có thể được sử dụng để ước tính nhanh khả năng áp dụng của tiêu chuẩn quốc tế trong một tình huống đo thực tế. Quy trình chi tiết để đánh giá môi trường thử nghiệm nằm trong các tiêu chuẩn riêng.

Bảng C.1. Các yêu cầu liên quan đến hiệu chỉnh môi trường K_2 và tiếng ồn nền

Giá trị tính bằng decibel

	ISO 3743-1	ISO 3744	ISO 3746	ISO 3747 ¹⁾	ISO 9614-1 ISO 9614-2 ²⁾	ISO 11201 ³⁾	ISO 1202 ³⁾	ISO 10204 ³⁾⁴⁾
K_2	–	≤ 2	≤ 7	–	–	≤ 7	≤ 7	≤ 7
Δ	≥ 6	≥ 6	≥ 3	≥ 3	–	≥ 6	≥ 3	≥ 6

¹⁾ ISO 3743-1 và ISO 3747 quy định các phương pháp phù hợp đối với nguồn âm chuẩn được sử dụng. Các yêu cầu trong thuật ngữ K_2 không được sử dụng. Trong tiêu chuẩn ISO 3743-1, chỉ ra rằng hệ số hút âm trung bình phải nhỏ hơn 0,2 (xem Bảng C.2). Tiêu chuẩn ISO 3743-1 quy định không hạn chế về môi trường thử nghiệm.

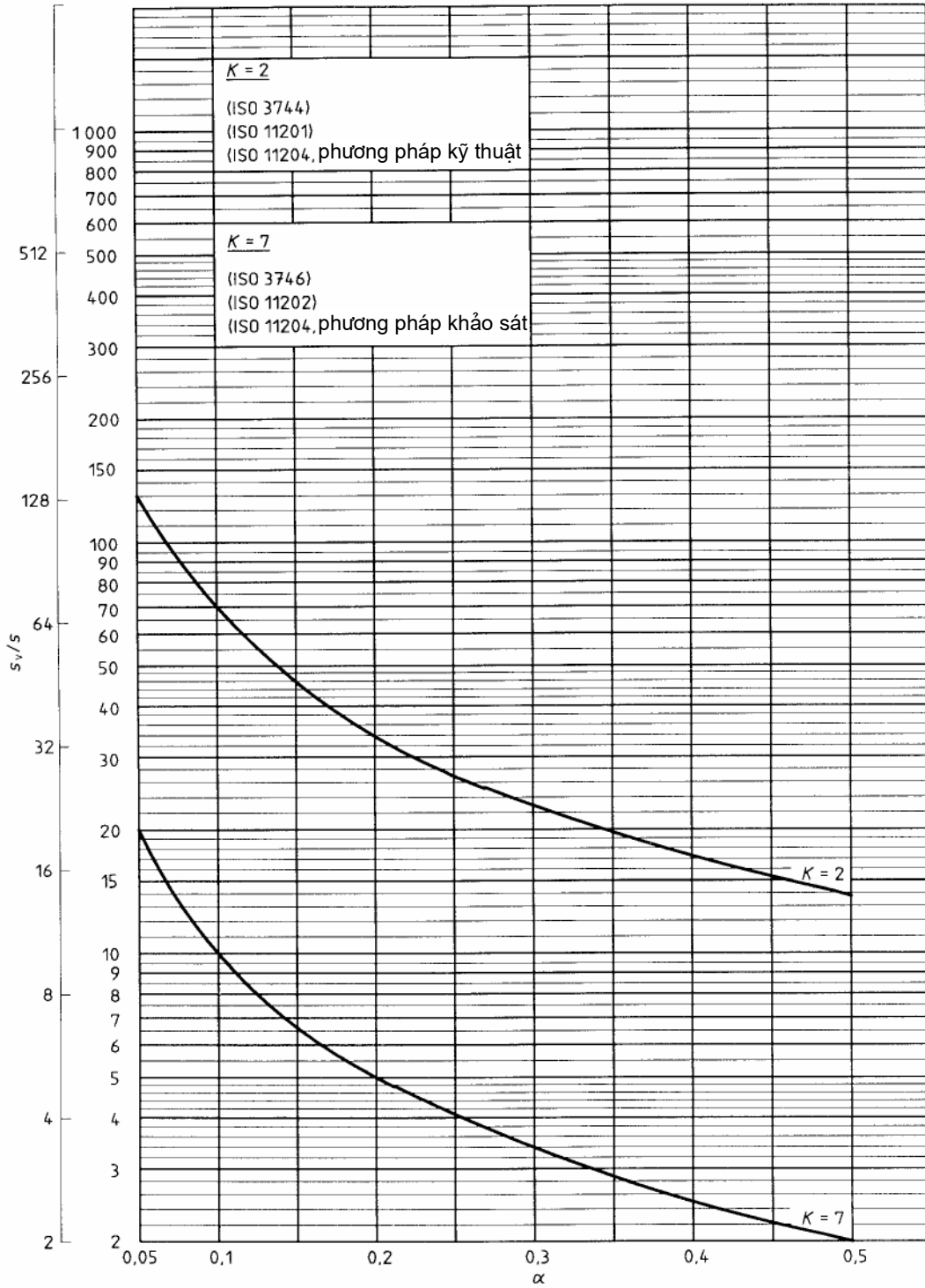
²⁾ ISO 9614-1 và ISO 9614-2 quy định các phương pháp dựa trên kỹ thuật cường độ âm. Phương pháp cường độ có thể được sử dụng với điều kiện ít bị giới hạn hơn so với yêu cầu trong bộ tiêu chuẩn ISO 3740. Phương pháp này dường như thích hợp nhất cho đo đạc tại hiện trường với môi trường không lý tưởng.

³⁾ K_2 có liên quan đến bề mặt đo bao phủ mà trên đó có đặt micro.

⁴⁾ Nếu $K_2 \leq 2$ thì phương pháp được quy định trong tiêu chuẩn ISO 11204 được xem như là một phương pháp kỹ thuật.

Bảng C.2– Giá trị gần đúng của hệ số hấp thụ âm trung bình, α , cho các phòng khác nhau

Hệ số hấp thụ âm trung bình, α	Mô tả của phòng
0,05	Phòng gần như trống có tường cứng phẳng làm bằng bê tông, gạch, nhựa hoặc lát đá, gạch hoa.
0,1	Phòng có phần trống, phòng có tường nhẵn
0,15	Phòng có nội thất, phòng máy hình chữ nhật, phòng công nghiệp chữ nhật
0,2	Phòng có hình dạng bất thường có nội thất, phòng đặt máy hoặc phòng công nghiệp có hình dạng bất thường
0,25	Phòng có nội thất được bao phủ, phòng máy hoặc phòng công nghiệp có số lượng nhỏ các vật liệu hấp thụ âm trên trần hoặc tường (ví dụ trần hấp thụ âm một phần)
0,35	Phòng có vật liệu hấp thụ âm trên cả trần và tường.
0,5	Phòng có nhiều vật liệu hấp thụ âm trên tường và trần



Hình C.1 – Giá trị tương ứng của α và S_v/S

Phụ lục D

(tham khảo)

Ước tính độ cách âm do có vỏ cách âm đối với phổ tiếng ồn đã biết

Độ giảm của công suất âm theo đặc tính A do có vỏ cách âm, $D_{WA,e}$, có thể tính bằng cách sử dụng phổ đã biết hoặc giả thiết của nguồn tiếng ồn thực:

$$D_{WA,e} = L_A - 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i - A_i - D_{W,i})} \text{ dB}$$

(D.1)

Trong đó :

L_A là mức công suất âm theo đặc tính A của phổ ($L_A = 10 \lg \sum 10^{0,1(L_i - A_i)}$ dB);

L_i là mức công suất âm cho dải tần số thứ i của phổ;

n là số lượng dải tần số được sử dụng;

$D_{W,i}$ là độ cách âm theo công suất âm D_W cho dải tần số thứ i ;

A_i là độ giảm âm theo đặc tính A cho dải tần số thứ i .

Tương tự độ cách âm do sử dụng vỏ cách âm, dựa vào D_p , có thể tính theo phương pháp quy định trong Phụ lục này (Xem 3.11)

Bất kỳ thành phần nào làm tăng mức tiếng ồn bên ngoài vỏ cách âm do việc truyền âm giữa cạnh vỏ cách âm và sàn đều không được tính đến ở đây

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 7839–1: 2007 (ISO 11546–2:1995), Âm học – Xác định hiệu quả cách âm của vỏ cách âm – Phần 1: Các phép đo ở điều kiện phòng thí nghiệm (để công bố kết quả).
 - [2] ISO 3740:1980, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Guidelines for the use of basic standards and for the preparation of noise test codes.
 - [3] ISO 11200:1995, Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions.
 - [4] ISO 11957, Acoustics – Determination of sound insulation performance of cabins – Laboratory and *in situ* measurements
-