

ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG THIẾT KẾ CHỐNG TIẾNG ỒN TRONG KHÁCH SẠN, CHUNG CƯ VÀ VĂN PHÒNG CAO CẤP Ở HÀ NỘI

Nguyễn Thị Hoa^{a,*}, Nguyễn Duy Thanh^a, Phạm Tiến Bình^a, Nguyễn Thị Mỹ Lệ^a

^a*Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,
số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 26/8/2022, Sửa xong 22/9/2022, Chấp nhận đăng 03/10/2022

Tóm tắt

Thiết kế cách âm chống tiếng ồn cho công trình xây dựng đóng một vai trò rất quan trọng đối với tiện nghi âm thanh của con người. Ở Việt Nam hiện nay, quá trình đô thị hóa đang làm gia tăng trầm trọng vấn đề ô nhiễm tiếng ồn. Tiếng ồn đô thị lan truyền vào công trình, gây tác động xấu tới hoạt động làm việc, sinh hoạt và nghỉ ngơi của con người. Bên cạnh đó, việc sử dụng các thiết bị kỹ thuật cũng gây ra tiếng ồn đáng kể. Tuy nhiên, khi thiết kế công trình cao cấp chủ đầu tư và kiến trúc sư chưa quan tâm đúng mức đến việc thiết kế cách âm chống tiếng ồn cho công trình. Nghiên cứu này đã đo lường tiếng ồn giao thông; tiếng ồn nền và chỉ số cách âm của kết cấu cửa đi; tính toán chỉ số cách âm của kết cấu phân cách của khách sạn, chung cư và văn phòng cao cấp tại Hà Nội. Kết quả cho thấy mức ồn nền trong các phòng ở vượt tiêu chuẩn cho phép, các kết cấu phân cách có chỉ số cách âm thấp, chưa đạt yêu cầu tiện nghi âm thanh của công trình cao cấp. Nghiên cứu cũng giới thiệu các giải pháp thiết kế cách âm mà các kiến trúc sư có thể tham khảo khi thiết kế.

Từ khoá: tiện nghi âm thanh; thiết kế chống tiếng ồn; thiết kế cách âm; nhà dân dụng.

ASSESSING THE SITUATION OF NOISE-PROOF DESIGN FOR HIGH QUALITY HOTELS, APARTMENTS AND OFFICES IN HA NOI

Abstract

Soundproofing design in building and construction plays an important role for human acoustic comfort. In Vietnam, the process of urbanization is largely increasing the problem of noise pollution. Urban noise propagate into the building, causing adverse impacts on occupants' health, work and relax activities. Besides, the use of equipment also causes significant noise. However, investors and architects have not paid enough attention to the design of soundproofing. This study measured traffic noise, noise level and sound insulation index of doors; calculated the sound insulation index of the separation structure in high-quality apartments, hotels and offices in Hanoi. The results show that the background noise level in studied rooms exceeds the permissible standards. The separation structures have low values of sound insulation which do not meet the requirements for acoustic comfort. Design solutions of soundproofing are also introduced to prevent noise that architects can refer for designing.

Keywords: acoustic comfort; anti-noise pollution; soundproof design; residential building.

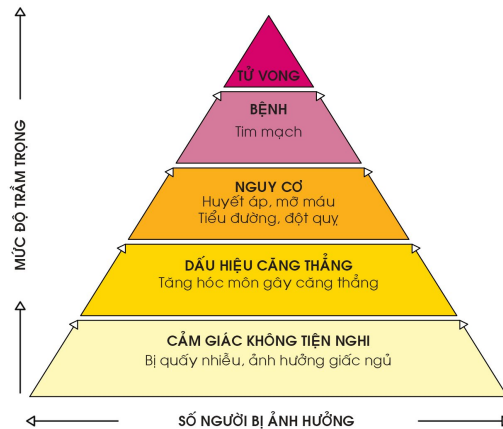
[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(4V\)-03](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(4V)-03) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Mở đầu

Môi trường âm thanh trong công trình là một trong số các yếu tố môi trường có ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe, sự nghỉ ngơi, làm việc của con người và được đánh giá thông qua mức ồn nền. Tùy theo đặc điểm yêu cầu âm thanh của các phòng, mức ồn nền cho phép được quy định khác nhau.

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: hoant@huce.edu.vn (Hoa, N. T.)

Tiếng ồn với mức âm cao, khi truyền vào không gian trong nhà, sẽ gây mất tiện nghi âm thanh, ảnh hưởng tới các hoạt động của con người. Liên minh châu Âu (EU) công nhận tiếng ồn là tác nhân gây căng thẳng, ảnh hưởng xấu đến sức khỏe cộng đồng [1–3]. Nhiều nghiên cứu cho thấy tiếng ồn môi trường gây ra nhiều tác động tâm lý như khó chịu [4–7] và các cảm xúc tiêu cực bao gồm tức giận, thất vọng, lo lắng và thậm chí là trầm cảm [6, 8–10].



Hình 1. Kim tự tháp về ảnh hưởng của tiếng ồn đến sức khỏe của WHO

Theo nghiên cứu của Tổ chức y tế thế giới (WHO) [11], tiếng ồn trên mức giới hạn cho phép ảnh hưởng xấu đến cơ thể con người ở nhiều phương diện như: làm giảm độ nhạy cảm của tai, lâu dần dẫn tới sự thoái hóa trong tai, gây nên bệnh nặng tai và bệnh điếc; tác động xấu tới hệ thần kinh trung ương, gây ức chế các tế bào thần kinh, làm giảm sự tập trung chú ý, giảm khả năng làm việc của con người, đặc biệt là lao động trí óc; phá rối giấc ngủ, sự nghỉ ngơi của con người. Biểu đồ kim tự tháp (Hình 1) về ảnh hưởng của tiếng ồn đến sức khỏe con người của WHO cho thấy tiếng ồn còn ảnh hưởng xấu đến hệ tim mạch, nguy cơ gây các bệnh về huyết áp, mỡ máu, tiểu đường, đột quỵ, trầm trọng nhất là có thể gây tử vong, làm giảm tuổi thọ.

Hiện nay, do sự phát triển mạnh mẽ của quá trình đô thị hóa, sự phát triển nhanh chóng của mạng lưới giao thông trong các đô thị ở Việt Nam đã làm gia tăng trầm trọng hiện tượng ô nhiễm tiếng ồn. Theo kết quả nghiên cứu và đánh giá của Viện Sức khỏe Nghề nghiệp và Môi trường (Bộ Y tế) tại 12 đường và nút giao thông chính tại Hà Nội, tiếng ồn trung bình vào ban ngày thường là 77,8÷78,1 dBA, cao hơn mức giới hạn cho phép của Quy chuẩn QCVN 26:2010/BTNMT [12] từ 7,8 ÷ 8,1 dBA; tiếng ồn trung bình vào ban đêm là từ 65,3÷75,7 dBA; cao hơn mức giới hạn cho phép từ 10÷20 dBA [13]. Theo kết quả nghiên cứu của Dự, N. Q. và cs. [14] năm 2014, tiếng ồn trung bình dọc theo đoạn đường Phạm Hùng (Hà Nội) vào ban ngày dao động từ 78÷89 dBA, vượt giới hạn cho phép của Quy chuẩn QCVN 26:2010/BTNMT từ 8÷19 dBA.

Trong công trình, việc sử dụng các thiết bị kỹ thuật, điện thanh phục vụ đời sống và quá trình sử dụng không gian của con người cũng gây ra tiếng ồn đáng kể. Tuy nhiên các vấn đề này chưa được quan tâm và tính đến trong quá trình thiết kế, cho dù là các dự án văn phòng, chung cư, khách sạn cao cấp. Thực tế nhiều công trình cho thấy, khi đưa công trình vào vận hành mới phát hiện ra nhiều bất cập trong việc thiết kế chống tiếng ồn và gây nên sự phàn nàn, than phiền của người sử dụng. Theo Vietnamnet [15], cư dân tại một khu chung cư ở Hà Nội phản ánh: “thường xuyên nghe thấy nhiều tiếng động lạ (chạy nhảy, gõ, xê bàn ghế) âm âm trên trần nhà; cứ giữa trưa và đêm là cộc cộc ở trên đầu, cụ thể làm việc gì đó ở ban công, gõ đập rất mạnh; ban ngày những âm thanh này còn nhỏ, nhưng

vào tuổi tối từ 9-10h trở đi nghe rất khó chịu”. Ban quản lý chia sẻ nhà chung cư có trần thấp, cách âm kém, đôi khi tiếng động nhỏ cũng bị vọng; mặt khác, một phần do thiết kế và thi công nhà kém chất lượng nên khó tránh được hiện tượng dội âm từ sàn trên do lớp sàn không được cách âm và mỏng. Cư dân cũng cho hay họ cũng hỏi và nghiên cứu về phương pháp chống ồn thì chưa có giải pháp nào khả thi, vì chỉ có cách âm phòng hát, vũ trường.

Trên thế giới, các nước tiên tiến rất chú trọng việc thiết kế cách âm để đảm bảo sự riêng tư và sức khỏe con người. EU đã thông qua Chỉ thị 2002/49/EC về tiếng ồn môi trường [16]. Chỉ thị này yêu cầu tất cả các quốc gia thành viên lập bản đồ tiếng ồn chiến lược, ước tính mức độ tiếp xúc của dân cư với tiếng ồn, phát triển các kế hoạch hành động về tiếng ồn và phổ biến thông tin về tiếng ồn cho công chúng [1]. Garcia và cs. [17] trong nghiên cứu yêu cầu về âm thanh từ hệ thống thiết bị và hệ thống dịch vụ trong các tòa nhà ở của 16 quốc gia đã chỉ rõ hầu hết các nước này đều ban hành các hướng dẫn, tài liệu giải thích các khái niệm âm học, các điều khoản chi tiết để hỗ trợ nhà thiết kế tuân thủ yêu cầu. Ở Anh, việc thiết kế cách âm được đưa vào ngay trong giai đoạn lập kế hoạch thiết kế ban đầu, bao gồm: đánh giá địa điểm, xác định nguồn ồn hiện hữu hoặc tiềm ẩn bằng đo lường hoặc ước tính; xác định mức ồn thiết kế cho không gian trong và xung quanh công trình; xác định chỉ số cách âm cần thiết để cho lớp vỏ công trình và các kết cấu phân cách bên trong; thiết lập các biện pháp kiểm soát tiếng ồn. Các yêu cầu về mức ồn nền và chỉ số cách âm được quy định chặt chẽ và hướng dẫn chi tiết trong các tiêu chuẩn về thiết kế cách âm chống ồn. Các phép đo thử nghiệm cách âm là bắt buộc khi xây dựng mới hoặc cải tạo công trình [18].

Trong khi đó, ở Việt Nam các công trình xây dựng chưa quan tâm đúng mức đến thiết kế cách âm không gian ở và làm việc với đường giao thông; giữa phòng ở với hành lang, không gian công cộng; giữa các không gian có sử dụng điện thanh với các không gian cần yên tĩnh, dẫn đến tiếng ồn lan truyền qua kết cấu tường, sàn, cửa, theo các đường ống dẫn, qua các miệng thổi hoặc miệng hút, vào các phòng yêu cầu yên tĩnh cao. Hiện tại, tiện nghi âm học không được đưa vào giảng dạy trong chương trình đại học ở nhiều trường đào tạo về xây dựng, kiến trúc. Số lượng kiến trúc sư, kỹ sư có thể thiết kế cách âm và âm học phòng rất ít. Ngoài ra, Việt Nam cũng thiếu các phòng thí nghiệm có thể thực hiện các kiểm tra khả năng cách âm của vật liệu [19].

Cho đến nay ở Hà Nội chưa có nghiên cứu, đo lường chi tiết cụ thể nào về tiếng ồn, chỉ số các âm của kết cấu khi thiết kế các phòng ở, phòng làm việc của các công trình có yêu cầu cao về tiện nghi âm thanh như khách sạn 5 sao, chung cư, văn phòng cao cấp. Vì vậy nghiên cứu đánh giá thực trạng thiết kế và các giải pháp chống ồn cho các công trình nhà ở, khách sạn, văn phòng cao cấp là rất quan trọng, cần thiết và có ý nghĩa.

2. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá thực trạng thiết kế chống tiếng ồn trong các công trình cao cấp ở Hà Nội, nhóm tác giả thực hiện đo lường mức ồn nền; đo lường và tính toán chỉ số cách âm không khí tại 05 phòng đã/ đang hoàn thiện của 01 khách sạn, 01 chung cư, 01 tòa nhà hỗn hợp nhà ở, văn phòng, trung tâm thương mại và 01 văn phòng cao cấp. Đồng thời nhóm tác giả cũng thực hiện nghiên cứu tổng quan về các quy chuẩn, tiêu chuẩn về cách âm, chống ồn cho công trình dân dụng trong nước và quốc tế để làm cơ sở kết luận kết quả đo lường.

2.1. Tổng quan các quy chuẩn, tiêu chuẩn thiết kế chống ồn và cách âm trong công trình dân dụng

Tiếng ồn được đánh giá thông qua mức âm tương đương (L_{Atd}) hoặc phổ tiếng ồn theo dải 1 octave trong phạm vi tần số từ 31,5 đến 8000 Hz bằng các tiêu chuẩn NR (Noise Rating), NC (Noise

Criterion). Đối với tiếng ồn giao thông, người ta còn sử dụng phương pháp phân tích thống kê để lập biểu đồ xác suất phân bố mức ồn. Trong đó, các giá trị L_{10} , L_{90} , L_{50} (mức ồn bằng và vượt 10%, 90%, 50% thời gian đo) là các đặc trưng cho tiếng ồn giao thông, tương ứng là mức ồn cực đại, mức ồn nền, mức ồn trung bình của dòng xe.

Khả năng cách âm của các kết cấu công trình được đánh giá thông qua hai chỉ số: chỉ số cách âm không khí (CK) và chỉ số cách âm va chạm (CV), xác định dựa trên đường đặc tính tần số cách âm của kết cấu theo dải 1/3 octave trong phạm vi tần số từ 100 đến 3200 Hz.

Hiện nay, ở Việt Nam có các tiêu chuẩn sau về tiếng ồn và cách âm áp dụng khi thiết kế các công trình dân dụng.

+ TCXD 150:1986 Tiêu chuẩn bắt buộc áp dụng toàn phần thiết kế chống ồn cho nhà ở [20]. Tiêu chuẩn này quy định các giá trị mức áp suất âm cho phép khi thiết kế nhà ở như trong Bảng 1.

Bảng 1. Mức áp suất âm cho phép trong phòng ở theo TCXD 150:1986

Phòng ở và khu vực tương đương	Mức áp suất âm L (mức áp suất âm tương đương L_{td}) ở dải 1 octa								Mức âm L_A và mức âm tương đương L_{Atd} , dBA
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1- Phòng ở kiểu căn hộ, phòng ngủ nhà trẻ mẫu giáo, nhà điều dưỡng nhà nghỉ và các nhà tương tự.	59	48	40	34	30	27	25	23	35
2- Phòng ở trong khách sạn nhà tập thể	63	52	45	39	35	32	30	28	40

TCXD 150:1986 cũng quy định các trị số cách âm cho phép khi thiết kế kết cấu phân cách phòng ở của chung cư. Tuy nhiên một số giá trị tiêu chuẩn cách âm của cửa đi trong tiêu chuẩn này là thấp, chưa phù hợp với các không gian có yêu cầu tiện nghi cao về âm thanh.

+ TCXDVN 175:2005 Mức ồn tối đa cho phép trong nhà công cộng – Tiêu chuẩn thiết kế [21]. Tiêu chuẩn này là bắt buộc áp dụng khi thiết kế mới, thiết kế cải tạo các công trình công cộng nhằm đạt được mức ồn nền cho phép bên trong công trình. Tuy nhiên tiêu chuẩn này đã hết hiệu lực ngày 13/01/2011.

+ TCVN 9369:2012 Nhà hát - tiêu chuẩn thiết kế [22]. Tiêu chuẩn này quy định mức ồn nền trong phòng khán giả dùng điện thanh là ≤ 30 dB.

+ TCVN 4511:1988 Nhóm G- Studio âm thanh - yêu cầu kĩ thuật về âm thanh xây dựng [23] cũng quy định mức ồn nền trong phòng khán giả dùng điện thanh là ≤ 30 dB.

Ngoài các tiêu chuẩn của Việt Nam, có thể tham khảo áp dụng tiêu chuẩn quốc tế, tiêu chuẩn của các nước tiên tiến thế giới hoặc đề xuất của tổ chức y tế thế giới WHO. Bảng 2 và 3 giới thiệu quy định mức ồn trong công trình thông qua mức âm tương đương theo thời gian ban ngày (từ 7h-23h) và thời gian ban đêm (từ 23h-7h) và quy định chỉ số cách âm không khí của kết cấu công trình dân dụng theo tiêu chuẩn BS 8233:2014 của Anh [18]. Theo khuyến nghị của tổ chức WHO, mức ồn tương đương trong phòng ngủ vào ban đêm là $L_{Atd} = 35$ dBA và mức ồn tối đa trong phòng $L_{max} = 45$ dBA (xem Bảng 4) [24]. Những giá trị tiêu chuẩn này không chỉ đảm bảo giấc ngủ cho người bình thường mà còn phù hợp với cả những đối tượng nhạy cảm. Giá trị yêu cầu của chỉ số cách âm kết cấu công trình của một số nước trên thế giới được giới thiệu trong Bảng 5 [17].

Bảng 2. Mức âm tương đương trong nhà ở, khách sạn, văn phòng theo Tiêu chuẩn BS 8233:2014 (Anh) [18]

Hoạt động	Vị trí	Mức âm tương ban ngày	Mức âm tương đương ban đêm
Nghỉ ngơi	Phòng khách	35 dBA	-
Ăn uống	Phòng ăn	40 dBA	-
Ngủ	Phòng ngủ	35 dBA	30 dBA
Làm việc	Văn phòng	40-50 dBA	-

Bảng 3. Chỉ số cách âm không khí (CK) cho kết cấu phân cách nhà dân dụng có yêu cầu riêng tư cao theo Tiêu chuẩn BS 8233:2014 [18]

Yêu cầu riêng tư	Nguồn ồn	Chỉ số cách âm CK yêu cầu, dB		
		Yêu cầu cách âm thấp	Yêu cầu cách âm trung bình	Yêu cầu cách âm cao
Cao	Rất lớn	47	52	57
	Lớn	47	47	52
	Trung bình	47	47	47
	Thấp	42	42	47

Bảng 4. Mức ồn cho phép bên trong công trình dân dụng theo khuyến nghị của Tổ chức y tế thế giới WHO [24]

Phòng/không gian	Theo đường NC	Theo mức âm tương đương
Phòng khách	35-45	40-50 dBA
Phòng ngủ	30-40	35-45 dBA
Phòng nghe nhìn	35-40	40-45 dBA
Phòng thư giãn	40-50	45-55 dBA

Bảng 5. Yêu cầu về chỉ số cách âm không khí và chỉ số cách âm va chạm của một số nước trên thế giới [17]

Tên nước	Loại phòng	Giá trị CK, CV yêu cầu
Australia	Phòng ở	CK $\geq$ 50, CV $\leq$ 62
Đức	Phòng ngủ, phòng khách, lớp học, văn phòng (ở gần các nguồn ồn 75-80 dBA)	CK $\geq$ 57, CV $\leq$ 43
Tây Ban Nha	Phòng ngủ, phòng khách, lớp học, văn phòng, bệnh viện	CK $\geq$ 55, CV $\leq$ 60
Thụy Điển	Phòng ở	CK $\geq$ 56, CV $\leq$ 52

2.2. Lựa chọn công trình khảo sát

01 khách sạn cao cấp, 01 chung cư cao cấp, 01 tòa nhà hỗn hợp nhà ở, văn phòng và trung tâm thương mại, 01 văn phòng cao cấp đã được lựa chọn để khảo sát tiếng ồn nền và chỉ số cách âm của kết cấu. 01 tuyến phố trung tâm ở Hà Nội đã được lựa chọn để khảo sát tiếng ồn giao thông. Mỗi công trình lựa chọn 1-2 phòng để đo lường hay tính toán, thông tin được mã hóa như trong Bảng 6.

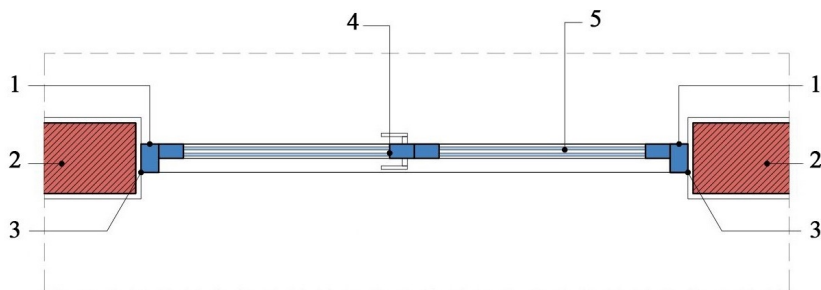
Bảng 6. Các công trình và các phòng đo lường

Tên công trình	A	B	C	D
Loại công trình	Khách sạn 5 sao theo chuẩn quốc tế	Chung cư cao cấp	Tòa nhà hỗn hợp chung cư, văn phòng cao cấp và trung tâm thương mại	Văn phòng cao cấp
Đặc điểm phòng khi đo/ khảo sát	Phòng mẫu, đã hoàn thiện.	Căn hộ chung cư đã hoàn thiện	Phòng hội trường, đang hoàn thiện	Phòng chiếu phim-studio, đang hoàn thiện
Số phòng đo lường	2	1	1	1
Loại phòng	Phòng ngủ, phòng khách	Phòng khách	Phòng công cộng	Phòng công cộng
Tầng của phòng đo lường	2	22	3	2
Thông số đo lường/ tính toán	Mức ồn nền, chỉ số cách âm của cửa đi chống cháy, cửa sổ nhôm kính	Chỉ số cách âm của cửa đi chống cháy	Chỉ số cách âm của trần, tường, sàn, cửa đi	Chỉ số cách âm của trần, tường, sàn, cửa đi

a. Phòng mẫu (công trình A)

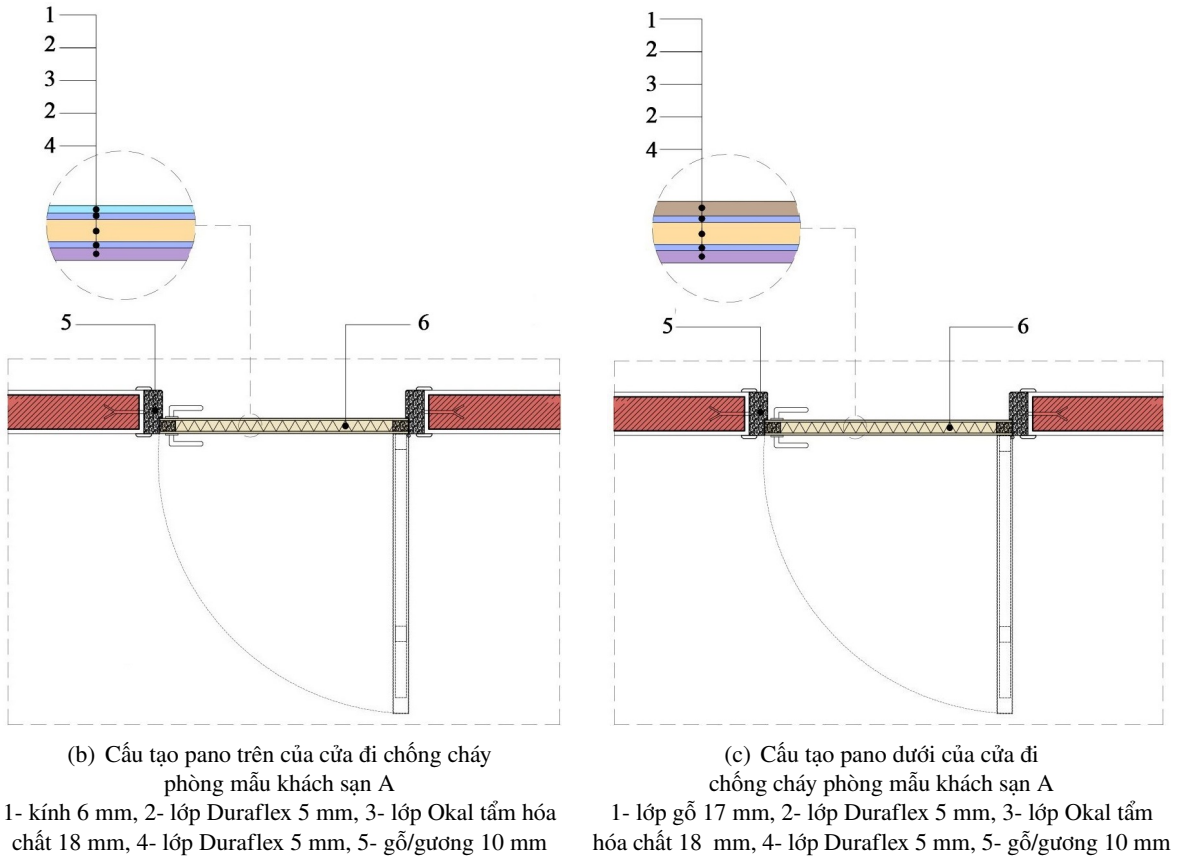
Hai phòng mẫu khảo sát (phòng ngủ và phòng khách) có một mặt thoáng tiếp giáp với đường giao thông lớn, được lắp đặt hệ cửa sổ nhôm kính và cửa đi chống cháy có cấu tạo như Hình 2(a-c).

Hệ cửa sổ nhôm kính hiện trạng của phòng mẫu được cấu tạo là kính hộp 19,38 mm (5 mm kính trắng cường lực + 6 mm khí Argon + 8,38 mm kính dán an toàn màu trắng), có chỉ số cách âm không khí là 28,6 dB [25].



(a) Cấu tạo của cửa sổ nhôm kính phòng mẫu công trình A

- 1- Khung nhôm định hình; 2- Tường xây; 3- Liên kết vít và keo giữa khung nhôm và tường; 4- Liên kết gioăng cao su và keo silicon giữa khung nhôm và kính hộp; 5- Kính hộp 19,38 mm

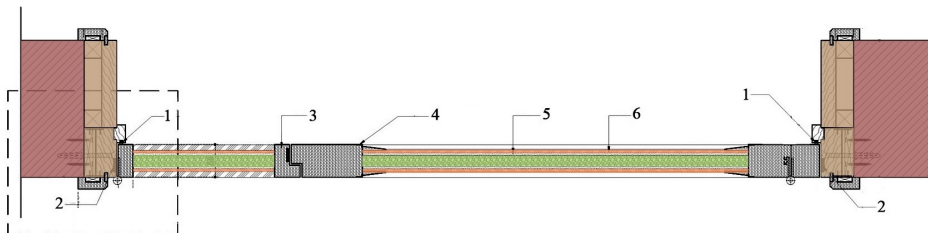


Hình 2. Cấu tạo các kết cấu của cửa khảo sát công trình A

Cửa đi chống cháy có cấu tạo gồm: pano trên; pano dưới và khung cánh cửa gỗ xoan đào.

b. Căn hộ chung cư (công trình B)

Căn hộ chung cư được chọn khảo sát của công trình B được lắp đặt cửa đi chống cháy ngăn cách căn hộ và hành lang, có cấu tạo như Hình 3. Căn hộ ở tầng cao nên ít bị ảnh hưởng tiếng ồn giao thông.



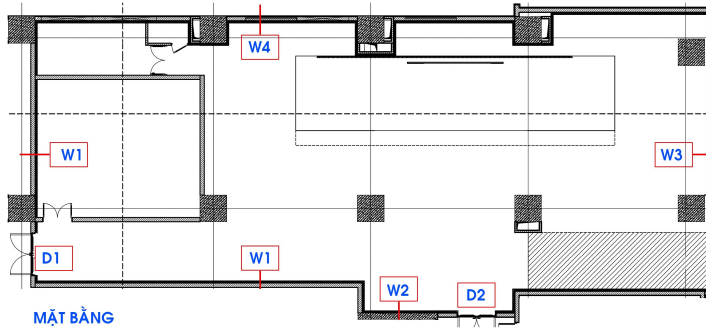
Hình 3. Mặt bằng cấu tạo của cửa đi chống cháy của căn hộ chung cư khảo sát

1- Door seal; 2- Rated seal; 3- Gỗ sồi; 4- Nẹp inox; 5- Lớp chống cháy; 6- Lớp MDF hoàn thiện

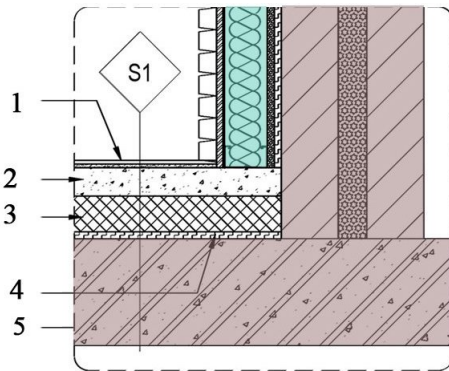
c. Phòng hội trường (công trình C) và phòng chiếu phim-studio (công trình D)

Phòng hội trường được lựa chọn khảo sát của công trình C ở tầng 3, có hai mặt tiếp giáp với đường giao thông, các mặt còn lại tiếp giáp với khu văn phòng cao cấp. Phòng chiếu phim-studio được lựa

chọn khảo sát của công trình D ở tầng 2, có một mặt tiếp giáp với đường giao thông, các mặt còn lại giáp hành lang, sảnh và phòng họp. Cả hai phòng đều là hai không gian sử dụng điện thanh với công suất loa lên đến $100 \div 110$ dB, có yêu cầu thiết kế cần đảm bảo tiếng ồn nền trong phòng ≤ 30 dBA theo TCVN 9369:2012, TCVN 4511:1988, và đảm bảo chống tiếng ồn từ trong phòng lan truyền ra các không gian văn phòng xung quanh. Các văn phòng làm việc tiếp giáp hai phòng này phải đạt yêu cầu mức ồn nền $\leq 45 \div 50$ dBA tiêu chuẩn BS 8233:2014.

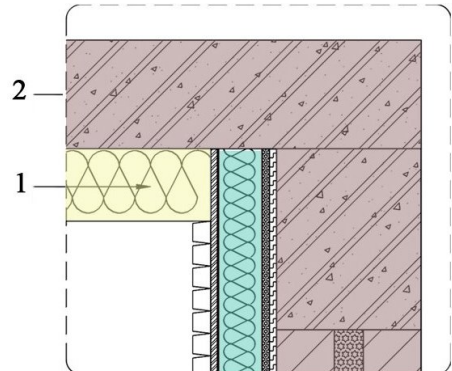


(a) Mặt bằng định vị các vị trí kết cấu tính cách âm của phòng hội trường



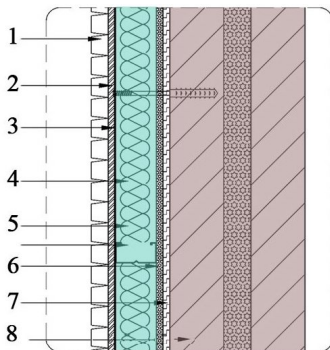
(b) Cấu tạo sàn phòng hội trường

1- Lớp trải sàn; 2- Lớp vữa cán nền 40 mm; 3- Lớp xếp XPS 50 mm;
4- Lớp cao su non 10 mm; 5- Sàn bê tông cốt thép 220 mm



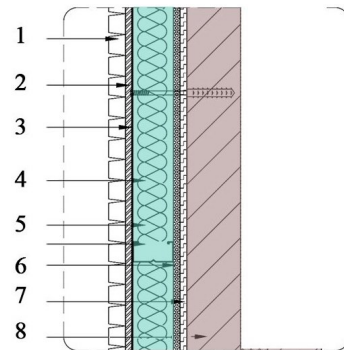
(c) Cấu tạo trần phòng hội trường

1- Lớp foam 2 thành phần 100 mm; 2- Sàn bê tông cốt thép 220 mm



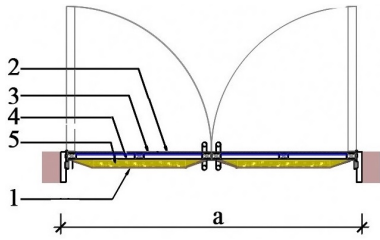
(d) Cấu tạo tường W1 phòng hội trường

1- Mút tiêu âm 25mm; 2- Tấm thạch cao 9mm; 3- Lớp cao su non 2 mm; 4- Lớp rookwool 50 mm; 5- Khung xương; 6- Cao su lưu hóa 10 mm; 7- Lớp cao su non 10 mm; 8- Tường xây 220 mm



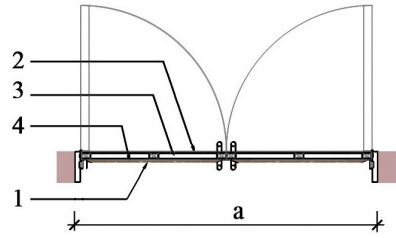
(e) Cấu tạo tường W4 phòng hội trường

1- Mút tiêu âm 25 mm; 2- Tấm thạch cao 9 mm; 3- Lớp cao su non 2 mm; 4- Lớp rookwool 50 mm; 5- Khung xương; 6- Cao su lưu hóa 10 mm; 7- Lớp cao su non 10 mm; 8- Tường xây 110 mm



(f) Cấu tạo cửa D1 phòng hội trường

1- Lớp nỉ; 2- Thép 0,8 mm; 3- Lớp chống cháy 38,4 mm; 4- Thép 0,8 mm; 5- Lớp rookwool 50 mm

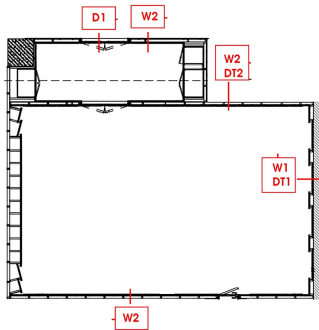


(g) Cấu tạo cửa D2 phòng hội trường

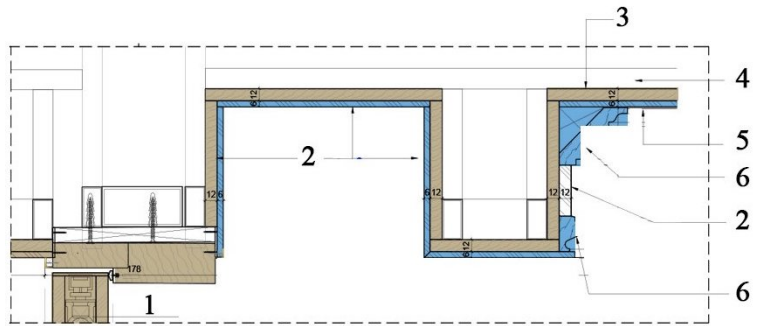
1- Lớp nỉ; 2- Thép 1,2 mm; 3- Lớp không khí 47,6 mm; 4- Thép 1,2 mm

Hình 4. Cấu tạo của các kết cấu khảo sát phòng hội trường công trình C

Cấu tạo của các kết cấu phân cách phòng hội trường khảo sát ở công trình C được giới thiệu trong Hình 4; phòng chiếu phim-studio khảo sát ở công trình D được giới thiệu trong Hình 5.

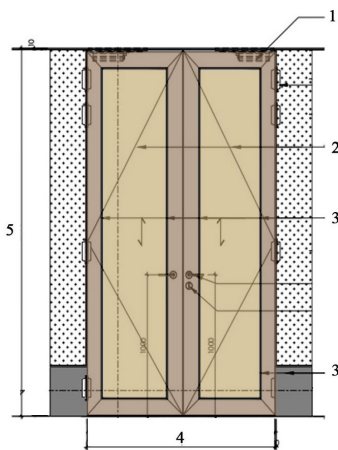


(a) Mặt bằng định vị các vị trí kết cấu tính cách âm của phòng chiếu phim-studio



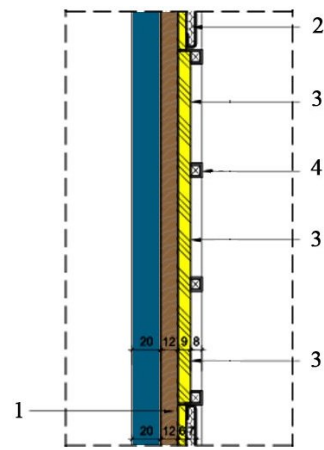
(b) Cấu tạo trần phòng chiếu phim-studio

1- Cửa; 2- Lớp MDF hoàn thiện; 3- Tấm trần chống ẩm 12 mm; 4- Khung thép treo trần; 5- Mặt trần hoàn thiện; 6- Chi tiết trang trí



(c) Chi tiết cửa D1 phòng chiếu phim-studio

1- Tay kéo; 2- Mặt gỗ Verneer; 3- Nẹp trang trí; 4,5- Chiều rộng, cao cửa



(d) Cấu tạo tường W1 phòng chiếu phim-studio

1-Gỗ ép 12mm; 2-vải Art box; 3- Tấm MDF hoàn thiện; 4- Nẹp trang trí

Hình 5. Cấu tạo của các kết cấu khảo sát phòng chiếu phim - studio công trình D

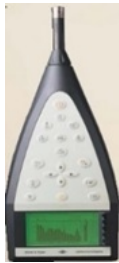
2.3. Phương pháp đo lường

Nghiên cứu tiến hành đo lường tiếng ồn giao thông; mức ồn nền và chỉ số cách âm không khí của cửa đi trong các phòng lựa chọn khảo sát của công trình A và B từ ngày 15 đến 20 tháng 3 năm 2019. Các phòng khảo sát của công trình C và D đang trong quá trình hoàn thiện nên nhóm tác giả thực hiện tính toán chỉ số cách âm không khí và cách âm va chạm theo phương pháp quy định trong ISO 717-1:2013 [26].

Phương pháp đo tiếng ồn giao thông và mức ồn nền trong phòng được tiến hành theo phương pháp quy định trong tiêu chuẩn TCVN 7878-2:2010 [27], sử dụng máy đo độ ồn NL-21 (Hãng Rion Nhật Bản). Khi đo tiếng ồn giao thông, máy đo đặt cách trục làn đường gần nhất 7,5 m trên độ cao 1,2 m so với mặt đường. Máy đo tiếng ồn nền trong phòng đặt tại 3 điểm phân bố đều theo diện tích phòng, trên độ cao 1,2 m so với mặt sàn, cách tường tối thiểu 1 m, cách cửa sổ kính tối thiểu 1,5 m. Hai phép đo này được tiến hành song song. Thời gian đo lường trong ngày được chia thành 6 ổp, mỗi ổp đo 30 phút, tốc độ lấy số liệu là 1s/1 số liệu.



(a) Loa đa hướng



(b) Máy đo 2270

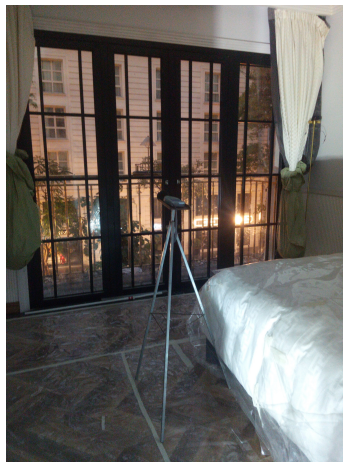


(c) Tăng âm

Hình 6. Hình ảnh các thiết bị đo lường



(a) Đo tiếng ồn giao thông



(b) Đo tiếng ồn trong phòng ngủ



(c) Đặt máy đo ở trong căn hộ

Hình 7. Hình ảnh đo lường tại công trình

Phương pháp đo lường chỉ số cách âm được thực hiện theo các tiêu chuẩn: ISO 3382:1997, ISO 16283-1, JIS A 1417:2000 (Nhật Bản), sử dụng các thiết bị đo âm thanh chuyên dụng của các hãng Brüel & Kjær (Đan Mạch), Audio Precision như sau: nguồn âm: loa đa hướng + chân loa; máy đo 2270 Handheld Analyzer; micro trường tự do 4189, có bộ tiền khuếch đại ZC0032, tăng âm, hộp chuẩn, bộ thu phát tín hiệu không dây; phần mềm BZ7229 và phần mềm phân tích âm thanh BZ7830 và BZ5503. Các thiết bị đều đáp ứng yêu cầu của máy đo mức âm loại 1 theo tiêu chuẩn IEC 651. Tại mỗi phía của cửa đi chọn 5 điểm đo lường, phân bố đều trên diện tích cửa, cách bề mặt cửa 1 m.

Hình ảnh các thiết bị và đo lường tại công trình được giới thiệu trong các hình 6–7.

3. Kết quả đo lường và bàn luận

3.1. Về mức ồn giao thông của tuyến phố khảo sát

Tuyến phố được khảo sát thuộc quận Hoàn Kiếm, gần Hồ Gươm. Đây là tuyến phố giao thông một chiều, phương tiện giao thông hỗn hợp: xe máy, xe đạp, xe ô tô, đặc biệt liên tục có xe du lịch 45 chỗ và xe buýt chạy qua. Vào tối thứ 6, thứ 7 và chủ nhật tại khu vực quanh hồ Gươm cấm phương tiện giao thông để phục vụ phố đi bộ và các phương tiện sẽ chuyển sang các tuyến đường khác. Tuyến phố thực hiện khảo sát là một trong những tuyến đường mà các phương tiện chuyển lộ trình nên mật độ giao thông tại đây tăng đột biến vào thời gian này.

Bảng 7. Kết quả đo lường mức ồn của tuyến phố khảo sát

Mức ồn	Thời gian ban ngày	Thời gian ban đêm
L_{Atd}	73,9 dBA	64,9 – 70,7 dBA
L_{90}	65,2 – 67 dBA	54,1 – 58,9 dBA
L_{50}	68,7 – 70,6 dBA	61,9 – 63,7 dBA

Kết quả đo lường trong Bảng 7 cho thấy tuyến phố khảo sát có mức ồn giao thông cao, đặc biệt trong những ngày cuối tuần, các giá trị đo lường được đều vượt Giới hạn tối đa cho phép về tiếng ồn trong Quy chuẩn QCVN 26:2010/BTNMT.

3.2. Về mức ồn nền và chỉ số cách âm của kết cấu phân cách trong phòng mẫu khách sạn A

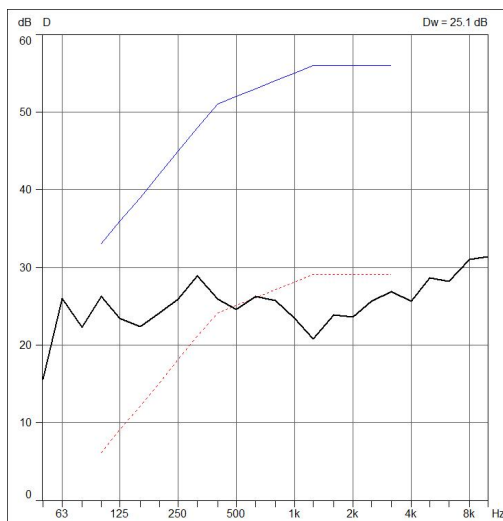
Khách sạn A nằm tại ngã tư, giao giữa các phố lớn. Đây là vị trí giao cắt giao thông nên các phương tiện hay sử dụng còi, dẫn đến tiếng ồn tăng đột biến. Trong thời gian khảo sát, mức ồn giao thông tối đa lớn nhất là 100,7 dBA, mức ồn tối đa trung bình khoảng $94 \div 95$ dBA, đây là mức ồn rất lớn.

Bảng 8. Kết quả đo lường tiếng ồn trong phòng khảo sát khách sạn A

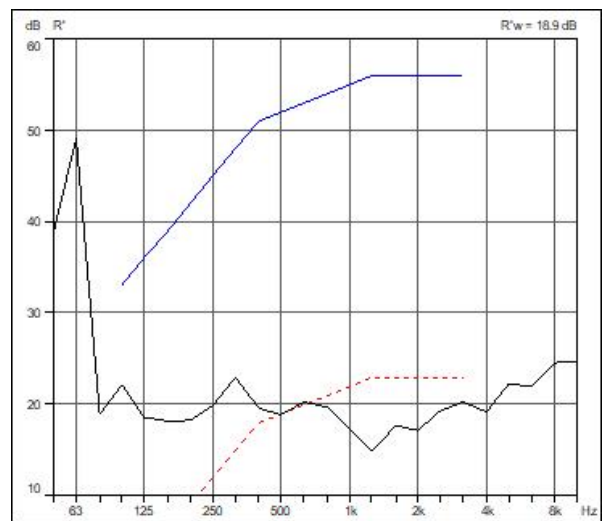
Loại phòng	Thời gian ban ngày	Thời gian ban đêm	Tiêu chuẩn BS 8233:2014	
Phòng ngủ	40,5 ÷ 45 dBA	39,1 ÷ 40,7 dBA	35 dBA về ban ngày	30 dBA về ban đêm
Phòng khách	39,9 ÷ 41 dBA	-	35 dBA về ban ngày	

Theo Bảng 8, mức âm tương đương trong phòng ngủ, phòng khách trong cả ngày và đêm đều vượt giá trị cho phép theo tiêu chuẩn BS 8233:2014 [18] - không đạt tiêu chuẩn mức âm tương đương của khách sạn 5 sao quốc tế. Tiếng ồn gây ra trong phòng mẫu chủ yếu do tiếng ồn giao thông ngoài nhà truyền qua vách kính ngăn cách giữa phòng và ban công. Vì vậy cần tăng cường khả năng cách âm của hệ vách kính này. Đối với các phòng hướng sát với đường giao thông có mức ồn lớn, khi thiết kế phải khảo sát, tính toán và đưa ra cấu tạo kết cấu phân cách có chỉ số cách âm đảm bảo với tiêu chuẩn. Tuy nhiên quá trình thiết kế đã bỏ qua và không chú trọng đến thiết kế cách âm. Đây cũng là thực trạng của nhiều công trình khác. Dựa vào kết quả đo lường ở Bảng 7, có thể thấy rằng để mức âm tương đương trong phòng ngủ và phòng khách đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn BS 8233:2014 thì hệ cửa vách kính cần có chỉ số cách âm không khí tối thiểu là 46 dB.

Theo kết quả đo lường cách âm (Hình 8) độ chênh lệch mức âm giữa 2 bên cửa đi ngăn cách giữa phòng mẫu và hành lang là 25,1 dB và chỉ số cách âm không khí CK = 18,9 dB. Giá trị này cho thấy khả năng cách âm của cửa đi là thấp, không phù hợp lắp đặt cho loại phòng có yêu cầu cao về cách âm. Nguyên nhân là do cấu tạo của cửa đi hiện trạng không được thiết kế theo nguyên tắc cách âm, các lớp cấu tạo của cửa liên kết chồng lên nhau như kết cấu một lớp, không có lớp vật liệu đàn hồi để ngắt đường truyền âm, chưa xử lý kín khít các khe hở liên kết giữa cánh cửa và khuôn cửa, giữa khuôn cửa và tường. Đây cũng là những lỗi rất thường gặp khi thiết kế cách âm.



(a) Kết quả đo độ chênh lệch mức âm hai bên cửa đi của phòng khảo sát công trình A

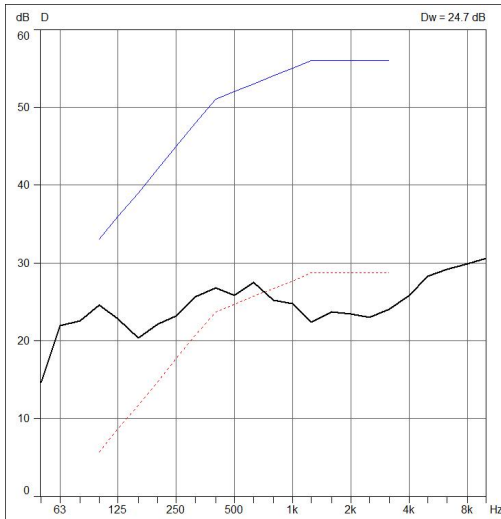


(b) Kết quả đo chỉ số giảm âm hai bên cửa đi của phòng khảo sát công trình A

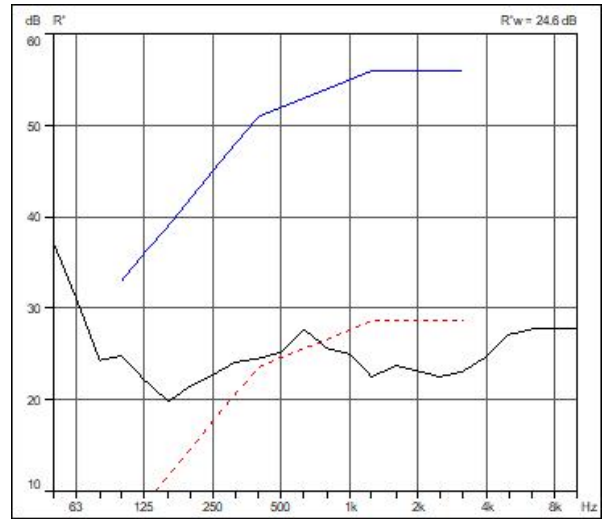
Hình 8. Kết quả đo lường cách âm của cửa đi phòng khảo sát công trình A

3.3. Về chỉ số cách âm của cửa đi ngăn cách căn hộ chung cư và hành lang công trình B

Hình 9 cho thấy độ chênh lệch mức âm giữa 2 bên cửa đi giữa căn hộ và hành lang là 24,7 dB và chỉ số cách âm không khí của cửa đi là CK = 24,6 dB. Những giá trị này cho thấy khả năng cách âm đo được của cửa đi tại hiện trường là thấp, không phù hợp lắp đặt cho những không gian có yêu cầu yên tĩnh cao. Nguyên nhân cũng tương tự như đã phân tích trong trường hợp cửa đi của phòng khách sạn A.



(a) Kết quả đo độ chênh lệch mức âm hai bên cửa đi của căn hộ chung cư



(b) Kết quả đo chỉ số giảm âm hai bên cửa đi của căn hộ chung cư

Hình 9. Kết quả đo lường cách âm của cửa đi của căn hộ chung cư công trình B

3.4. Về thực trạng thiết kế cách âm của kết cấu ngăn che của các phòng khảo sát trong các công trình C và D

Kết quả tính toán chỉ số cách âm của kết cấu theo thiết kế (Bảng 9, Bảng 10) cho thấy các không gian có sử dụng diện tích công suất lớn trong các công trình C và D hầu như chưa đạt yêu cầu về thiết kế cách âm để đảm bảo ngăn cản tiếng ồn từ trong các phòng này lan truyền ra ngoài. Hậu quả là các phòng này trở thành nguồn ồn cho các không gian xung quanh. Thực tế khi thiết kế, các kiến trúc sư cũng đã sử dụng vật liệu hút âm và cách âm, tuy nhiên, chưa có sự tính toán cụ thể theo nguyên lý thiết kế cách âm nên các kết cấu ngăn cách chưa đạt được chỉ số cách âm đạt yêu cầu.

Bảng 9. Tổng hợp kết quả tính toán chỉ số cách âm của các kết cấu phân cách hội trường của công trình C

Kết cấu	Thực tế thiết kế		*Yêu cầu trị số CK và CV, dB	Kết luận
	Chỉ số cách âm không khí CK, dB	Chỉ số cách âm va chạm CV, dB		
Sàn	67 dB $\pm$ 5 dB	55 dB $\pm$ 5 dB	CK $\geq$ 65 dB CV $\geq$ 55 dB	Đạt Đạt
Trần	62 dB $\pm$ 5dB	68 dB $\pm$ 5 dB	CK $\geq$ 65 dB CV $\leq$ 55 dB	Không đạt Không đạt
Tường W1	68 dB $\pm$ 5 dB	-	CK $\geq$ 65 dB	Đạt
Tường W2	72 dB $\pm$ 5 dB	-	CK $\geq$ 65 dB	Đạt
Tường W3	65 dB $\pm$ 5dB	-	CK $\geq$ 65 dB	Đạt
Tường W4	48 dB $\pm$ 5dB	-	CK $\geq$ 65 dB	Không đạt
Cửa D1	32 dB $\pm$ 5 dB	-	CK $\geq$ 45 dB	Không đạt
Cửa D2	37 dB $\pm$ 5 dB	-	-	Đạt

*Cửa D2 tiếp giáp không gian đệm, không tiếp giáp không gian làm việc.

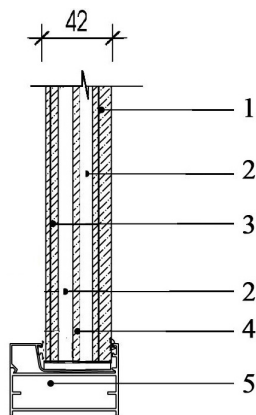
Bảng 10. Tổng hợp kết quả tính toán chỉ số cách âm của các kết cấu phân cách phòng chiếu phim-studio công trình D

Kết cấu	Thực tế thiết kế		*Yêu cầu trị số CK và CV, dB	Kết luận
	Chỉ số cách âm không khí CK, dB	Chỉ số cách âm va chạm CV, dB		
Tường W1	65 dB $\pm$ 5 dB	-	CK $\geq$ 50 dB	Đạt
Tường W2	47 dB $\pm$ 5 dB	-	CK $\geq$ 80 dB	Không đạt
Sàn	56 dB $\pm$ 5 dB	75 dB $\pm$ 5 dB	CK $\geq$ 80 dB CV $\leq$ 55 dB	Không đạt Không đạt
Trần	60 dB $\pm$ 5 dB	70 dB $\pm$ 5 dB	CK $\geq$ 80 dB CV $\leq$ 55 dB	Không đạt Không đạt
Cửa D1	32 dB $\pm$ 3 dB	-	CK $\geq$ 41 dB	Không đạt

*Các giá trị CK và CV yêu cầu được xem xét để các phòng khảo sát đạt mức ồn nền 30 dBA theo các tiêu chuẩn TCVN 9369:2012, TCVN 4511:1988 và các văn phòng tiếp giáp đạt mức ồn nền 45÷50 dBA tiêu chuẩn BS 8233:2014.

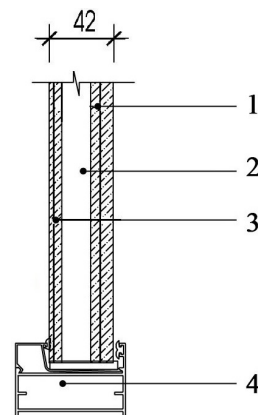
4. Một số giải pháp kiến trúc, kỹ thuật chống tiếng ồn cho công trình

Để chống ồn một cách hiệu quả cho công trình cần thiết phải áp dụng tổng hợp nhiều giải pháp từ quy hoạch giao thông, quy hoạch đô thị, thiết kế công trình đến các giải pháp kỹ thuật xây dựng, vật liệu cũng như có các chính sách quản lý và kiểm soát tiếng ồn. Dưới đây nhóm tác giả đề xuất một số giải pháp thiết kế cách âm cho nhóm công trình cao cấp có yêu cầu cao về âm thanh mà có vị trí gần đường giao thông, chịu ảnh hưởng lớn từ tiếng ồn giao thông.



(a) Đề xuất cửa kính cấu tạo 3 lớp, khuôn cửa 4 cạnh, chỉ số cách âm đạt 50 dB $\pm$ 2 dB

1- Kính dán 12,38 mm; 2- Khe không khí 8,12 mm;
3- Kính dán 8,38 mm; 4- Kính 5 mm; 5- Khuôn cánh cửa



(b) Đề xuất cửa kính cấu tạo 2 lớp, khuôn cửa 4 cạnh, chỉ số cách âm đạt 46 dB $\pm$ 2 dB

1- Kính dán 14,38 mm; 2- Khe không khí 17,39 mm;
3- Kính dán 10,38 mm, 4- Khuôn cánh cửa

Hình 10. Cấu tạo cửa kính đề xuất cải tạo phòng khảo sát công trình A

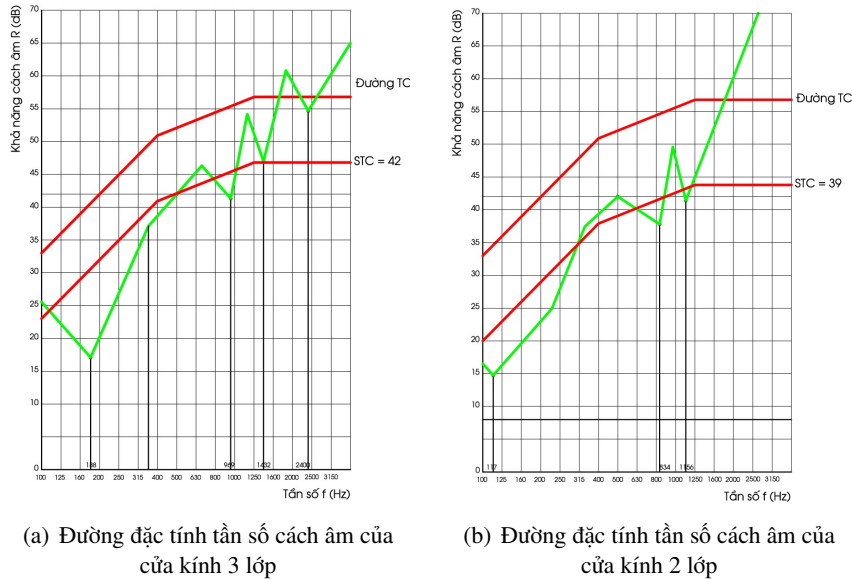
- Đối với các hệ vách kính của phòng có mặt thoáng ra đường giao thông tiếng ồn cao:

+ Nên thiết kế vách kính nhiều lớp, giữa các lớp là khe không khí, khí trơ hoặc chân không, các lớp kính nên lựa chọn với độ dày khác nhau để tránh hiện tượng cộng hưởng, hạn chế làm hệ cửa đi mở 2 cánh. Cần xử lý thật kín khít các khe hở giữa kính với khuôn cửa, tường, sàn bằng các gioăng

đệm cao su đàn hồi chất lượng cao, sử dụng khuôn cửa 4 cạnh.

+ Hệ vách kính mặt ngoài, nên thiết kế thêm kết cấu che nắng, lợi dụng hình dạng, chất liệu kết cấu che nắng (KCCN) để tăng hiệu quả cách âm: KCCN bằng gỗ nhựa, bê tông bọt, mảng cây xanh leo ...

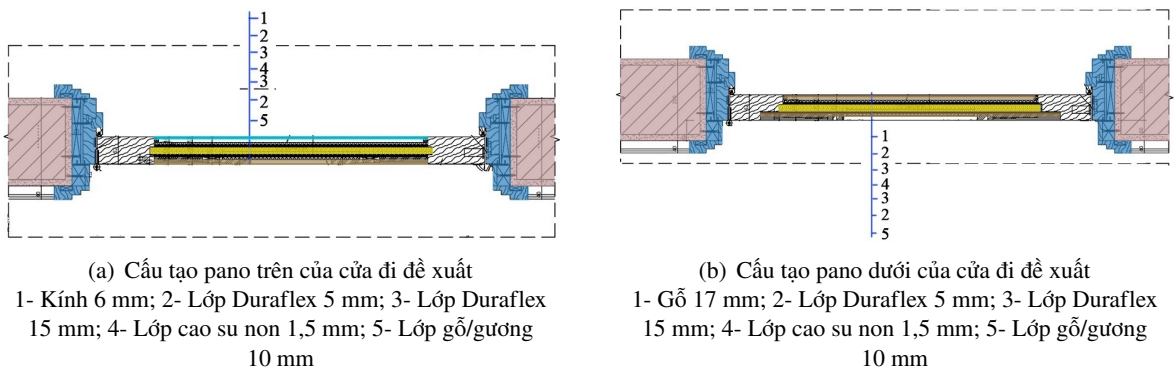
Đề xuất giải pháp cho hệ cửa nhôm kính của phòng khảo sát khách sạn A đạt chỉ số cách âm không khí 50 dB và 46 dB (Hình 10).



Hình 11. Đường đặc tính tần số cách âm của cửa kính đề xuất cải tạo phòng khảo sát công trình A

- Đối với cửa đi của phòng ở có yêu cầu cao về cách âm và các phòng sử dụng điện thanh công suất lớn: đây là các bộ phận có khả năng cách âm kém và làm giảm đáng kể khả năng cách âm của toàn bộ kết cấu ngăn che.

+ Cần thiết kế tuân theo định luật khối lượng trong cách âm, thiết kế cửa nhiều lớp, sử dụng vật liệu nặng và các lớp vật liệu cách âm giữa các lớp, ưu tiên làm cửa đi 1 cánh, khuôn cửa 4 cạnh, cần lựa chọn vật liệu có độ cứng, chiều dày và hệ số mất mát phù hợp để tránh hiện tượng trùng sóng. Đặc



Hình 12. Cấu tạo của cửa đi đề xuất cải tạo phòng khảo sát công trình A và B

biệt phải xử lý kín khít khe hở giữa cửa và khuôn cửa, giữa khuôn cửa với tường, sàn.

Đề xuất cấu tạo cửa đi chống cháy đạt chỉ số cách âm 42,1 dB cho phòng mẫu khách sạn và căn hộ chung cư (Hình 11).

- Hệ thống cửa lấy gió tươi, quạt hút – thổi, ống gió với mặt giáp đường giao thông cũng cần được xử lý: Hệ thống ống gió phải được bọc bảo ôn, miệng cửa gió kích thước hợp lý, đặt thêm vật liệu hút âm, quạt gió được lắp đặt chắc chắn có giăng các vị trí liên kết tránh rung, kêu . . .

5. Kết luận

Nhận biết được ảnh hưởng của tiếng ồn đối với con người và vai trò quan trọng của việc thiết kế cách âm công trình trong bối cảnh hiện tại của các đô thị Việt Nam, trong đó điển hình xem xét cho Hà Nội. Từ đó, nhóm tác giả đã thực hiện đo lường tiếng ồn giao thông, tiếng ồn nền và chỉ số cách âm không khí của các kết cấu cửa đi trong các phòng đã hoàn thiện, đồng thời đã tính toán chỉ số cách âm của các kết cấu trong các phòng đang hoàn thiện của các công trình cao cấp ở Hà Nội. Từ kết quả khảo sát đo lường 5 phòng chức năng trong 4 công trình cao cấp đã rút ra các kết luận sau:

- Ở các đô thị ở Hà Nội hiện nay ô nhiễm tiếng ồn ngày càng trầm trọng, mức ồn có cường độ cao và chưa được kiểm soát chặt chẽ. Trong bối cảnh đó, việc thiết kế cách âm cho kết cấu công trình đóng một vai trò rất quan trọng đối với tiện nghi âm thanh của con người.

- Thực trạng thiết kế cách âm, chống tiếng ồn trong các công trình cao cấp còn nhiều bất cập. Các chủ đầu tư và kiến trúc sư chưa quan tâm đúng mức đến việc cách âm giữa không gian ở và làm việc với đường giao thông; giữa phòng ở và hành lang, không gian công cộng; giữa các không gian có sử dụng điện thanh với các không gian cần yên tĩnh.

- Việc thiết kế cách âm, chống ồn ngày càng trở nên quan trọng và thực sự cần thiết và cần phải được xem xét, thiết kế ngay từ khi thiết kế sơ bộ. Các kiến thức về âm học cần được đưa vào giảng dạy bài bản trong chương trình đào tạo bậc đại học của ngành kiến trúc và xây dựng.

Từ những kết luận trên, nhóm tác giả đã giới thiệu một số giải pháp thiết kế cách âm nhằm nâng cao tiện nghi môi trường âm thanh cho các không gian cao cấp mà các kiến trúc sư có thể tham khảo khi thiết kế công trình.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Xây Dựng Hà Nội (HUCE) trong đề tài mã số 08-2022/KH XD.

Tài liệu tham khảo

- [1] Murphy, E., King, E. A. (2010). [Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications](#). *Environment International*, 36(3):290–298.
- [2] Vlek, C. (2005). ["Could we all be a little more quiet, please?" A behavioural-science commentary on research for a quieter Europe in 2020](#). *Noise and Health*, 7(26):59.
- [3] Paunović, K., Jakovljević, B., Belojević, G. (2009). [Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets](#). *Science of The Total Environment*, 407(12):3707–3711.
- [4] Fidell, S., Barber, D. S., Schultz, T. J. (1991). [Updating a dosage–effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise](#). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 89(1): 221–233.

- [5] Stallen, P. J. M. (1999). A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise and Health*, 1(3):69.
- [6] Michaud, D. S., Keith, S. E., McMurchy, D. (2005). [Noise annoyance in Canada](#). *Noise and Health*, 7 (27):39.
- [7] Torija, A. J., Genaro, N., Ruiz, D. P., Ramos-Ridao, A., Zamorano, M., Requena, I. (2010). [Priorization of acoustic variables: Environmental decision support for the physical characterization of urban sound environments](#). *Building and Environment*, 45(6):1477–1489.
- [8] Fields, J. M. (1998). [Reactions to environmental noise in an ambient noise context in residential areas](#). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 104(4):2245–2260.
- [9] Miedema, H. M. E. (2004). [Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance](#). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(2):949–957.
- [10] Mak, C., Wong, H., Xu, Y. (2011). [A four-part setting on examining the anxiety-provoking capacity of the sound of dental equipment](#). *Noise and Health*, 13(55):385.
- [11] WHO. *Regional office for Europe, 2000: Noise and health*. Copenhagen: World Health Organization.
- [12] QCVN 26:2010/BTNMT. [Quy chuẩn quốc gia Việt Nam về tiếng ồn](#).
- [13] Báo Hà Nội Mới. [Ô nhiễm tiếng ồn ở các đô thị và khu công nghiệp đều vượt mức cho phép](#). Cơ quan chủ quản: Thành ủy Hà Nội. Truy cập ngày 20/04/2022.
- [14] Tạp chí Giao thông. [Nghiên cứu xác định độ ồn dọc theo một đoạn đường Phạm Hùng - Hà Nội](#). Cơ quan chủ quản: Bộ Giao thông vận tải. Truy cập ngày 20/04/2022.
- [15] Vietnamnet. [Âm thanh 'tra tấn' đội trên đầu, nổi khổ những ngày cách ly](#). Cơ quan chủ quản: Bộ thông tin và truyền thông. Truy cập ngày 20/04/2022.
- [16] The European Union. *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 Relating to the Assessment and Management of Environmental noise*. Official Journal of the European Communities, L189/12. 2002.
- [17] Garcia, T. C., Fernandez, A. R., Herguedas, M. B. C. (2020). Noise from Building Services: Comparison of Technical Requirements in Sixteen Countries. *Forum Acusticum*, Lyon, France, 255–261.
- [18] chuẩn BS 8233:2014, T. *Guidance on sound insulation and noise reduction for buildings*.
- [19] Website Bộ Xây dựng. [Phát triển công trình xanh tại Việt Nam - Những vấn đề liên quan đến Quy chuẩn - Tiêu chuẩn Xây dựng](#). Cơ quan chủ quản: Bộ thông tin và truyền thông. Truy cập ngày 20/04/2022.
- [20] TCXD 150:1986. *Tiêu chuẩn bắt buộc áp dụng toàn phần thiết kế chống ồn cho nhà ở*.
- [21] TCXDVN 175:2005. *Mức ồn tối đa cho phép trong nhà công cộng - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [22] TCVN 9369:2012. *Nhà hát - tiêu chuẩn thiết kế*.
- [23] TCVN 4511:1988. *Nhóm G- Studio âm thanh - yêu cầu kỹ thuật về âm thanh xây dựng*.
- [24] WHO Regional Office for Europe (2009). *Night noise guidelines for Europe*. Copenhagen: World Health Organization.
- [25] Viện khoa học và Công nghệ xây dựng. *Số liệu đo lường chỉ số cách âm không khí của hệ cửa vách kính*.
- [26] ISO 717-1:2013. *Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation*.
- [27] TCVN 7878-2:2010 (ISO 1996-2:2007). *Âm học - Mô tả, đo và đánh giá tiếng ồn môi trường - Phần 2: Xác định mức tiếng ồn môi trường*.