

NGUY CƠ Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TRONG NHÀ VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

ĐINH THỊ PHƯƠNG LAN¹, NGUYỄN PHAN MỸ ANH¹, NGUYỄN NGỌC NAM DƯƠNG¹,
NGUYỄN THÀNH TRUNG^{*}

¹Trường đại học Xây dựng Hà Nội

Tóm tắt:

Chất lượng không khí trong nhà có ảnh hưởng rất lớn đối với sức khỏe và hiệu quả lao động của con người. Vì vậy, việc thiết kế công trình để đảm bảo chất lượng không khí trong nhà là cần thiết. Nghiên cứu tổng hợp, phân tích tài liệu, cập nhật các tiêu chuẩn, quy chuẩn môi nhất của các tổ chức quốc tế, một số quốc gia trên thế giới và Việt Nam về giới hạn chất ô nhiễm không khí trong nhà; đồng thời chỉ ra các nguy cơ ô nhiễm không khí trong nhà và các tác động tới sức khỏe con người. Từ đó, đưa ra một số giải pháp để áp dụng thiết kế công trình hướng tới mục tiêu đảm bảo chất lượng môi trường không khí trong nhà theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) 13521:2022.

Từ khóa: Chất lượng không khí trong nhà, giải pháp điều hòa không khí và thông gió, ô nhiễm không khí trong nhà.

Ngày nhận bài: 9/10/2024; *Ngày sửa chữa:* 27/10/2024; *Ngày duyệt đăng:* 21/11/2024.

RISK OF INDOOR AIR POLLUTION AND PROPOSED DESIGN SOLUTIONS TO ENSURE AIR QUALITY ACCORDING TO TCVN 13521:2022

Abstract:

Indoor air quality has a great impact on human health and work efficiency. Therefore, it is necessary to design buildings to ensure indoor air quality. The purpose of the study is to analyze documents, reports and synthesize the latest standards and regulations of international organizations, some countries in the world and Vietnam on indoor air pollutant limits; at the same time, point out the risks of indoor air pollution and the impacts on human health. From there, propose some solutions to apply building design towards the goal of ensuring indoor air quality according to Vietnamese Standard (TCVN) 13521:2022.

Keywords: Indoor air quality, air conditioning and ventilation solutions, indoor air pollution.

JEL Classifications: Q52, Q53, Q54.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các nguồn gây ô nhiễm không khí trong nhà như nấm, lông vật nuôi, đun nấu, sưởi ấm bằng than, điều hòa, khí gas, đốt vàng mã, hút thuốc, hóa chất tẩy rửa, từ đồ dùng... đang gây tác động lớn đến sức khỏe con người. Chất lượng không khí trong nhà có ảnh hưởng rất lớn và ý nghĩa quan trọng đối với sức khỏe và hiệu quả lao động của cộng đồng dân cư. “Con người bình thường có thể nhịn ăn từ 7-10 ngày, nhịn uống 3-4 ngày, nhưng chỉ cần nhịn thở 2-4 phút là có thể tử vong”. Không khí là thứ con người tiếp nhận vào cơ thể nhiều nhất trong ngày (18kg không khí/người lớn/ngày). Nhìn chung, con người đều sống và sinh hoạt trong các công trình xây dựng (trong nhà) chủ yếu thời gian trong ngày và thở hít bằng không khí trong nhà (Phạm Ngọc Đăng, 2021).

Các nghiên cứu của Mỹ và châu Âu đã chỉ ra người dân ở các quốc gia công nghiệp phát triển thường dành hơn 90% thời gian ở trong nhà (EPA, 1989). Tỷ lệ này có thể cao hơn đối với trẻ sơ sinh, người già, người mắc bệnh mãn tính tại các đô thị.

Điều này đồng nghĩa với việc khả năng bị phơi nhiễm bởi các chất ô nhiễm không khí trong nhà là rất lớn. Đặc biệt là trong nhà ở, trường học và văn phòng làm việc, nơi mà nồng độ của một số chất ô nhiễm trong nhà, thậm chí có thể cao hơn đáng kể so với môi trường không khí xung quanh.

Ở Việt Nam, theo kết quả các Đề tài nghiên cứu: Khảo sát môi trường không khí trong nhà ở Hà Nội, Đà Nẵng và TP. Hồ Chí Minh (2017 - 2018) do Trung tâm Môi trường đô thị và Công nghiệp thực hiện và kết quả khảo sát đo lường môi trường không khí trong các nhà ở Hà Nội (2019 - 2020) do Hội Xây dựng triển khai cho thấy, hiện trạng môi trường không khí trong nhà ở và nhà công cộng ở nước ta đều đang bị ô nhiễm, có nơi bị ô nhiễm nặng, nhất là ô nhiễm bụi PM_{2.5} và PM₁₀, khí CO₂, formaldehyde, TVOC, vi khuẩn và nấm mốc (Phạm Ngọc Đăng, 2021).

Sự phơi nhiễm của con người với các chất ô nhiễm không khí trong nhà có thể gây ra một loạt các vấn đề về sức khỏe như các bệnh cấp tính, bệnh mãn tính, thậm chí tử vong trong một số trường hợp



đặc biệt. Trong đó, phổi là nơi thường xuyên bị tổn thương nhất bởi các chất ô nhiễm trong không khí (Trung, Huyền et al., 2020).

Theo số liệu của Y tế Thế giới (WHO), năm 2016, ô nhiễm không khí trong nhà là nguyên nhân gây ra 3,8 triệu ca tử vong chiếm 7,7% tỷ lệ tử vong toàn cầu, trong đó 45% tổng số ca tử vong do viêm phổi ở trẻ em dưới 5 tuổi và 28% tổng số ca tử vong do viêm phổi ở người lớn (WHO, 2016). Cũng theo WHO, tiếp xúc với khói thuốc lá thụ động và radon (một loại khí phóng xạ tự nhiên) gây ra tương ứng 1,2 triệu ca tử vong và 200.000 ca tử vong mỗi năm (WHO, 2019). Theo Báo cáo của Liên minh toàn cầu về sức khỏe và ô nhiễm, tổng số người chết do ô nhiễm môi trường ở Việt Nam năm 2017 là 71.365 người, trong đó chết do ô nhiễm không khí là 50.232 người (chiếm tỷ lệ 70,4%) (GAHP, 2019).

Đến nay, hầu như tất cả các nước phát triển và nhiều nước đang phát triển trên thế giới đều đã đưa ra những giá trị tiêu chuẩn về chất lượng không khí trong nhà cho riêng nước mình, hoặc sử dụng các giá trị tiêu chuẩn về chất lượng không khí trong nhà của các nước khác hay của các tổ chức quốc tế. Ví dụ, ở các nước châu Âu thường sử dụng Tiêu chuẩn “EN 15251: 2007 - Các thông số đầu vào môi trường trong nhà để thiết kế và đánh giá hiệu suất năng lượng của các tòa nhà”; Tiêu chuẩn CR 1752: “Thông gió cho các tòa nhà - Các chỉ tiêu thiết kế cho môi trường trong nhà”... (Phạm Ngọc Đăng, 2021).

Tại Việt Nam, ngày 29/8/2022, Bộ Khoa học và Công nghệ (KH&CN) đã ban hành Quyết định số 1686/QĐ-BKHCN công bố Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 13521:2022 - Nhà ở và nhà công cộng - Các thông số chất lượng không khí trong nhà.

Vì vậy, nghiên cứu nguy cơ ô nhiễm không khí trong nhà và đề xuất giải pháp thiết kế công trình đảm bảo chất lượng không khí nhằm đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này vào giai đoạn đầu thiết kế các công trình ở Việt Nam là cần thiết để đạt mục tiêu đảm bảo chất lượng không khí trong nhà.

Nghiên cứu tổng hợp, phân tích tài liệu về nguy cơ ô nhiễm không khí trong nhà, tác động tới sức khỏe con người trên thế giới và Việt Nam; cập nhật các tiêu chuẩn, quy chuẩn mới nhất của các tổ chức, Chính phủ một số nước trên thế giới và Việt Nam về giới hạn chất ô nhiễm không khí trong nhà. Từ đó, đưa ra một số giải pháp để áp dụng thiết kế kiến trúc công trình hướng tới mục tiêu đảm bảo chất lượng môi trường không khí trong nhà theo Tiêu chuẩn Việt Nam 13521:2022.

2. CÁC TIÊU CHUẨN, QUY CHUẨN TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM VỀ GIỚI HẠN CÁC CHẤT GÂY Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TRONG NHÀ

Ô nhiễm không khí trong nhà đang ngày càng được chú ý do ảnh hưởng sâu sắc đến sức khỏe con người. Các tiêu chuẩn về giới hạn ô nhiễm không khí trong nhà đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ sức khỏe con người, giảm thiểu nguy cơ mắc bệnh hô hấp, tim mạch, và các bệnh mãn tính khác.

Trên thế giới, nhiều quốc gia và tổ chức đã thiết lập các tiêu chuẩn để kiểm soát chất lượng không khí trong nhà. Tổ chức WHO đã đưa ra các hướng dẫn về nồng độ giới hạn của nhiều chất ô nhiễm nguy hiểm. Formaldehyde, một chất có thể gây kích ứng và có nguy cơ gây ung thư, được WHO khuyến cáo nồng độ trung bình 30 phút không vượt quá 0,1 mg/m³. Các hướng dẫn của WHO cũng đặt ra ngưỡng cho NO₂ ở mức 40 µg/m³ trung bình năm, nhằm hạn chế các rủi ro về hô hấp, đặc biệt ở trẻ em.

Liên minh châu Âu (EU) và Mỹ cũng có những tiêu chuẩn nghiêm ngặt về chất lượng không khí trong nhà. Trong khi EU đặt ra ngưỡng cho PM_{2,5} là 25 µg/m³ trung bình năm, Cơ quan BVMT của Mỹ (US EPA), giới hạn PM_{2,5} ở mức 12 µg/m³ trung bình năm, đồng thời tăng cường giám sát các không gian công cộng như trường học và bệnh viện. Đáng chú ý, các quốc gia phát triển đang đầu tư vào công nghệ giám sát chất lượng không khí trong nhà để đảm bảo tính chính xác và minh bạch trong quản lý ô nhiễm.

Tại Việt Nam, trong bối cảnh ô nhiễm không khí ngày càng gia tăng, Chính phủ đã ban hành các tiêu chuẩn về không khí trong nhà nhằm bảo vệ sức khỏe người dân. TCVN 13521:2022 - “Nhà ở và nhà công cộng - Các thông số chất lượng không khí trong nhà” được Bộ Khoa học và công nghệ ban hành năm 2022 đã đưa ra một số tiêu chuẩn về chất lượng không khí trong nhà ở và nhà công cộng khi đóng kín cửa trong mùa lạnh và sử dụng điều hòa không khí trong mùa nóng. Đây là một bước tiến quan trọng, nhưng cần có thêm các quy định chi tiết và cập nhật, cũng như triển khai các biện pháp giám sát chất lượng không khí trong nhà hiệu quả hơn. Việt Nam có thể học hỏi từ các quốc gia phát triển về cách thiết lập tiêu chuẩn và áp dụng công nghệ giám sát, cũng như nâng cao nhận thức cộng đồng về tầm quan trọng của không khí trong lành. Trong tương lai, sự kết hợp giữa chính sách và công nghệ sẽ giúp bảo vệ sức khỏe người dân tốt hơn và góp phần xây dựng một môi trường sống an lành.

Sau đây là quy định về giới hạn các chất ô nhiễm không khí trong nhà của một số tổ chức quốc tế và các nước trên thế giới và Việt Nam được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Mức giới hạn của các chất ô nhiễm không khí trong nhà trong các tiêu chuẩn, quy chuẩn về chất lượng không khí trong nhà trên thế giới và Việt Nam

	Việt Nam TCVN 13421:2022	WHO guidelines for indoor air quality 2010	Mỹ ANSI/ ASHRAE Standard 62.1:2022	Úc National Construction Code of Australia 2022	Trung Quốc GB/T 18883: 2022	Đài Loan E.P.A. Air Quality Standard 2020	Singapore SS 554 + A1:2016:2021	Malaysia Industry code of practice on indoor air quality 2010
Bụi PM _{2,5}	50 µg/m ³	-	12 µg/m ³ (TB 8h)	25 µg/m ³ (24h) 10 µg/m ³ (TB năm)	≤ 0,05 mg/ m ³ (TB 24h)	35 µg/m ³ (TB 24 h) 15 µg/m ³ (TB năm)	37,5 µg/m ³ (TB 24h)	150 µg/m ³
Bụi PM ₁₀	100 µg/m ³	-	-	50 µg/m ³ (24 h) 20 µg/m ³ (TB năm)	≤ 0,10 mg/ m ³ (TB 24h)	100 µg/m ³ (TB 24 h) 50 µg/m ³ (TB năm)	-	
Chì (Pb)	1,5 µg/m ³	-	-	-	-	0	-	-
Cacbon dioxit (CO ₂)	1000µg/m ³	-	-	850 ppm (8 h)	≤ 0,10 % (TB 1h)	-	Cao hơn ngoài nhà 700ppm (TB 8h)	1000 ppm (tại thời điểm bất kỳ)
Cacbon monoxit (CO)	10 mg/m ³ 9ppm	100 mg/m ³ (15 phút)	9 ppm (max trong 8h đo)	90 ppm (15 phút)	≤ 10 mg/ m ³ (TB 1h)	35ppm (TB 1h)	31ppm (TB 1h)	10 ppm (TB 8h)
		35mg/m ³ (1h)		50 ppm (30 phút)		9 ppm (TB năm)	9 ppm (TB 8h)	
		10mg/ m ³ (8h)		25 ppm (1h)				
		7mg/ m ³ (24h)		10 ppm (8h)				
Nito dioxit NO ₂	100 µg/m ³	200 µg/ m ³ (1h)	-	200 µg/m ³ (0,0987 ppm) (1h)	≤ 0,20 mg/ m ³ (TB 1h)	0,1 ppm (TB 1h)	40 µg/m ³ (TB 8h)	-
		40 µg/m ³ (1 năm)	40 µg/m ³ (0,0197ppm) (TB năm)	0,03 ppm (TB năm)				
Lưu huỳnh dioxit SO ₂	100 µg/m ³	-	-	-	≤ 0,50 mg/ m ³ (TB 1h)	0,075 ppm (TB 1h)	-	-
						0,02 ppm (TB năm)		
Ozon	100 µg/m ³ (3 tháng liên tục)	-	70 ppb (TB 8h)	100 µg/m ³ (0,0473 ppm) (8h)	≤ 0,16 mg/ m ³ (TB 1h)	0,12 ppm (TB 1h)	0,05 ppm (TB 8h)	0,05 ppm (TB 8h)
						0,06 ppm (TB 8h)		
Vi khuẩn tổng - Nhà công cộng - nhà ở	1000 cfu/m ³ 1500 cfu/m ³	-	-	-	≤ 1500 cfu/ m ³	-	1000 cfu/m ³	500 cfu/m ³
Nấm mốc - Nhà công cộng - Nhà ở	500 cfu/m ³ 700 cfu/m ³	-	-	-	-	-	-	1000 cfu/m ³
Radon - Nhà xây mới - Nhà hiện hữu	<100 Bq/m ³ < 200 Bq/m ³	-	-	-	≤ 300 Bq/ m ³ (TB năm)	-	100 Bq/m ³ (8 h)	-
TVOC	500 µg/m ³	-	-	500 µg/m ³ (TB 1h)	≤ 0,6 mg/ m ³ (TB 8h)	-	1000 ppb (TB 8 h)	3 ppm (TB 8h)



	Việt Nam TCVN 13421:2022	WHO guidelines for indoor air quality 2010	Mỹ ANSI/ ASHRAE Standard 62.1:2022	Úc National Construction Code of Australia 2022	Trung Quốc GB/T 18883: 2022	Đài Loan E.P.A.Air Quality Standard 2020	Singapore SS 554 + A1:2016:2021	Malaysia Industry code of practice on indoor air quality 2010
Formaldehyde	100 µg/m ³ 0,08 ppm	0,1 mg/m ³ (30 phút)	33 µg/m ³ (TB 8h)	0,1 mg/m ³ (30 phút)	≤ 0,08 mg/ m ³ (TB 1h)	-	100 µg/m ³ (30min) 0,08 ppm (30min)	0,1 ppm (TB 8h)
Naphtalene	-	0,01mg/m ³ (TB năm)	9 µg/m ³ (TB 8h)	-	-	-	-	-
Tetrachloroethylene	-	0,25 mg / m ³ (TB năm)	35µg/m ³ (TB 8h)	-	-	-	-	-
Trichloroetylen	-	4,3 × 10-7µg/m ³	1000µg/m ³ (TB 8h)	-	-	-	-	-
Ammonia (NH ₃)	-	-	-	-	≤ 0,20 mg/ m ³ (TB 1h)	-	-	-

▲ Lưu ý: (Đối với TCVN 13521:2022, nhà công cộng: đo trung bình 8h, nhà ở: đo trung bình 24h)

Nguồn: Nhóm nghiên cứu tổng hợp, 2024

Bảng 2. Các chất gây ô nhiễm không khí trong nhà và tác động đến sức khỏe con người

Chất gây ô nhiễm	Nguồn	Nguy cơ tác động đến sức khỏe con người	Trích dẫn
Carbon dioxit (CO ₂)	Hoạt động thở của con người; quá trình đốt cháy nhiên liệu; khí thải động cơ ô tô, xe máy trong gara	Đau đầu; ảnh hưởng hệ hô hấp khi nồng độ CO ₂ tăng cao	(Yang, Sun et al. 1997)
Carbon Monoxide (CO)	Khí thải xe từ động cơ xe trong gara; bếp gas; nồi hơi; bếp củi; lò sưởi và khói thuốc lá	Nhức đầu; buồn nôn; mệt mỏi; tức ngực; suy giảm khả năng phán đoán; có thể gây tử vong	(Liu, Paz et al. 2000)
Nitơ dioxit (NO ₂)	Đốt nhiên liệu hóa thạch, ví dụ: lò và bếp gas hoặc dầu; khí thải động cơ ô tô, xe máy trong gara	Tăng nguy cơ mắc các triệu chứng hô hấp; hen suyễn; giảm chức năng phổi	(Weichenthal, Dufresne et al. 2007)
Lưu huỳnh dioxit (SO ₂)	Không khí bên ngoài; đốt nhiên liệu	Gây kích thích màng nhày, niêm mạc mũi, họng, mắt	(Maroni, Seifert et al. 1995)
Formaldehyde (HCHO) và các HCHC dễ bay hơi (VOC)	Khói thuốc lá; chất khử mùi phòng; sơn; thảm; dung môi; chất tẩy rửa; vật liệu xây dựng.	Hen suyễn; phế quản; tổn thương gan, thận, hệ thần kinh; có thể gây ung thư	(Weichenthal, Dufresne et al. 2007)
Radon	Phân rã tự nhiên của uranium trong đất, vật liệu xây dựng (đá, bê tông)	Ung thư phổi; bệnh bạch cầu	(WHO. 2010)
Bụi	Phần viết bảng; hoạt động nấu ăn, đốt cháy, khói thuốc lá; đốt nhang; khói thải xe trong gara; môi trường không khí bên ngoài	Ảnh hưởng hệ hô hấp, có khả năng gây ung thư phổi; tác động nghiêm trọng đến tim mạch	(Franklin 2007, Trung, Anh et al. 2021)
Chì (Pb)	Hàn kim loại, thi công kính màu trong nhà; sơn chứa chì; vật liệu tráng men (đỏ, vàng)	Ảnh hưởng chức năng thận, hệ miễn dịch, tim mạch; nhất là hệ thần kinh trẻ em	(Tan, Praveena et al. 2016)
Ozon (O ₃)	Các phản ứng quang hóa; sử dụng thiết bị tạo tia cực tím hay ion hóa như máy photocopy, in laser, máy ion hoá; máy tạo ozon khử khuẩn.	Tác động đến đường hô hấp, suy giảm chức năng phổi, đa số là các tác động ngắn hạn.	(Bernstein, Alexis et al. 2008)
Vi khuẩn	Bụi trong nhà; động vật nuôi, sâu bọ, côn trùng; thảm hút ẩm; hệ thống điều hòa, máy giặt bẩn.	Nhiễm trùng da; viêm xoang; viêm phổi; viêm màng não	(IEH. 1996, McKernan, Wallingford et al. 2008)
Nấm mốc	Rò rỉ hệ thống ống nước; nước đọng trên sàn, thảm; rò rỉ nước khu bếp, nhà vệ sinh, góc tường.	Các triệu chứng hô hấp trên, ho, thờ khò khè và hen suyễn	(IEH. 1996, McKernan, Wallingford et al. 2008)

Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện, 2024

Bảng 2 thể hiện nguồn gốc và các tác động tới sức khỏe con người của các chất gây ô nhiễm không khí trong nhà chủ yếu, trong đó đặc biệt lưu ý đến bụi. Đây là hỗn hợp không đồng nhất, có nhiều chất, hợp chất bám dính vào và lơ lửng trong không khí. Khi xâm nhập vào cơ thể con người, chúng gây ra các tác động tiềm tàng, nguy hiểm và sẽ dẫn đến suy giảm khả năng miễn dịch của cơ thể, tạo điều kiện cho các bệnh truyền nhiễm. Nhiều nghiên cứu cũng đã chỉ ra mối liên quan đáng kể giữa nguy cơ gây tử vong khi tiếp xúc lâu dài với bụi, đặc biệt là bụi mịn có kích thước dưới 2,5 μm (PM_{2,5}) (Cesaroni, Badaloni et al., 2013, Chen, Goldberg et al., 2013). Theo John F. Gamble (1998) đã nghiên cứu sáu thành phố của Mỹ và thống kê cho thấy bụi PM_{2,5} trong không khí thậm chí còn độc gấp từ 35÷1.000 lần so với khói từ một điếu thuốc lá ít hắc ín (Gamble, 1998).

Hạt bụi có kích thước càng nhỏ thì càng dễ dàng xâm nhập vào sâu trong phế nang phổi. Các hạt bụi có kích thước nhỏ hơn 10 μm ảnh hưởng nhiều nhất tới sức khỏe của con người, chúng có thể xâm nhập vào đường hô hấp trên từ mũi đến phế quản và tới phế nang sâu dưới phổi (Löndahl, Massling et al., 2007). Bụi có kích thước từ 5-10 μm có thể đọng trong khí quản, trong khi kích thước nhỏ hơn từ 1-5 μm có thể lắng đọng trong tiểu phế quản và phế nang nơi xảy ra quá trình trao đổi khí (Löndahl, Pagels et al., 2006). Các hạt bụi nhỏ hơn 1 μm hoạt động tương tự như các phân tử khí, chúng sẽ xâm nhập xuống các phế nang và di chuyển sâu hơn vào các mô tế bào, hệ thống tuần hoàn (Valavanidis, Fiotakis et al., 2008).

4. GIẢI PHÁP THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH ĐỂ ĐẠT MỤC TIÊU CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TRONG NHÀ

Cuộc khủng hoảng năng lượng những năm 1970 đã nêu tầm quan trọng của việc tiết kiệm năng lượng trong các tòa nhà. Điều này tạo ra sự thay đổi trong thiết kế, xây dựng và vận hành công trình. Để tiết kiệm năng lượng, các tòa nhà được xây dựng có hệ thống thông gió tự nhiên và vật liệu thân thiện với môi trường (Shrimandilkar, 2013).

Để đảm bảo đảm bảo chất lượng không khí trong nhà, vấn đề này cần phải được xem xét xuyên suốt tất cả các quá trình từ giai đoạn khảo sát xây dựng, thiết kế, thi công, vận hành và bảo trì tòa nhà. Hầu hết, các thành phần kỹ thuật trong tòa nhà đều ảnh hưởng đến hiệu suất của các thành phần kỹ thuật khác, vì vậy việc tích hợp các yêu cầu thiết kế khác nhau của một tòa nhà là công việc cần được quan tâm hàng đầu. Thiết kế tích hợp yêu cầu sự hợp tác chặt chẽ, các chuyên gia thuộc các chuyên môn khác nhau

cùng đồng thuận, thống nhất các giải pháp thiết kế trên cơ sở hiểu biết toàn diện về dự án trong suốt quá trình thiết kế đến vận hành.

Từ giai đoạn thiết kế cần phải có giải pháp để hướng tới mục tiêu đảm bảo chất lượng không khí trong nhà đảm bảo yêu cầu của TCVN 13521:2022. Các giải pháp thiết kế cơ bản để đạt được chất lượng không khí trong nhà tốt nhất là: (1) Giải pháp thiết kế kiến trúc; (2) Thiết kế hệ thống điều hòa không khí và thông gió; (3) Lựa chọn các thiết bị lọc và làm sạch không khí trong nhà; (4) Lựa chọn vật liệu khi thiết kế.

4.1. Thiết kế kiến trúc để đạt mục tiêu chất lượng không khí trong nhà

Ngay từ giai đoạn thiết kế cơ sở, các chuyên gia thiết kế phải thông báo cho chủ sở hữu những cân nhắc và ràng buộc về thiết kế để đạt được sự đồng ý và chấp nhận về những ý tưởng và giải pháp cho mục tiêu đảm bảo chất lượng không khí trong nhà. Những quyết định được thực hiện ở giai đoạn này có thể ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng không khí trong nhà với chi phí thấp nhất.

Các vấn đề sau cần được xem xét và giải quyết ngay trong quá trình thiết kế cơ sở:

- *Vị trí tòa nhà trong khu đất dự án:* Vị trí của các nguồn ô nhiễm không khí, tiếng ồn, đất hoặc nước ngầm trong dự án có thể ảnh hưởng lớn đến môi trường trong nhà. Các giải pháp đặt tòa nhà xa và ngược gió so với các nguồn ô nhiễm này sẽ làm giảm bớt các vấn đề ảnh hưởng trong tương lai.

- *Khối tích, hình dạng và hướng của tòa nhà:* Các tác động của hình khối, hướng công trình đến chất lượng không khí trong nhà và tiện nghi nhiệt là những yếu tố cần quan tâm. Ví dụ: Công trình chiều ngang hẹp có thể tổ chức thông gió xuyên phòng hoặc thông gió cục bộ qua cửa sổ; Hướng công trình và hướng gió ảnh hưởng tới việc thu nhiệt từ năng lượng mặt trời và thông gió tự nhiên.

- *Thiết kế kiến trúc tổng thể:* Trong giai đoạn thiết kế cơ sở, nhóm thiết kế cần xem xét các ảnh hưởng liên quan đến thông gió, sưởi ấm, làm mát, chiếu sáng và kiểm soát tiếng ồn. Phương thức cấp, phân phối và thải không khí ra khỏi các không gian có người sử dụng phải là yếu tố quan trọng khi xây dựng các phương án thiết kế, mô hình và các phân tích liên quan.

- *Vị trí lấy gió và lỗ mở trên lớp vỏ công trình:* Dù là thông gió cơ khí hay tự nhiên, việc xác định vị trí các cửa sổ, cửa ra/vào hoặc cửa lấy gió ngoài trời cách xa và ngược chiều với các nguồn gây ô nhiễm hiện hữu hoặc tiềm ẩn trong tương lai là yếu tố quan trọng cần cân nhắc.



- *Thiết kế lớp vỏ công trình:* Ngoài việc xem xét nguồn ô nhiễm và chiếu sáng tự nhiên, cần xem xét đến các vấn đề rò khí, tắc nghẽn luồng lưu thông không khí, và các giải pháp hạn chế sự truyền âm và đọng sương trong kết cấu bao che.

4.2. Thiết kế hệ thống điều hòa không khí và thông gió để đạt chất lượng không khí trong nhà

Điều hòa không khí và thông gió (HVAC) tạo nên một môi trường trong lành bên trong công trình, với không khí sạch, nhiệt độ, độ ẩm và luồng gió được điều chỉnh tối ưu, mang đến cảm giác thoải mái và dễ chịu cho con người. Tùy thuộc thể loại công trình mà có những yêu cầu sử dụng khác nhau và dẫn tới yêu cầu thiết kế và vận hành cũng khác nhau. Một số giải pháp có thể kể đến dưới đây:

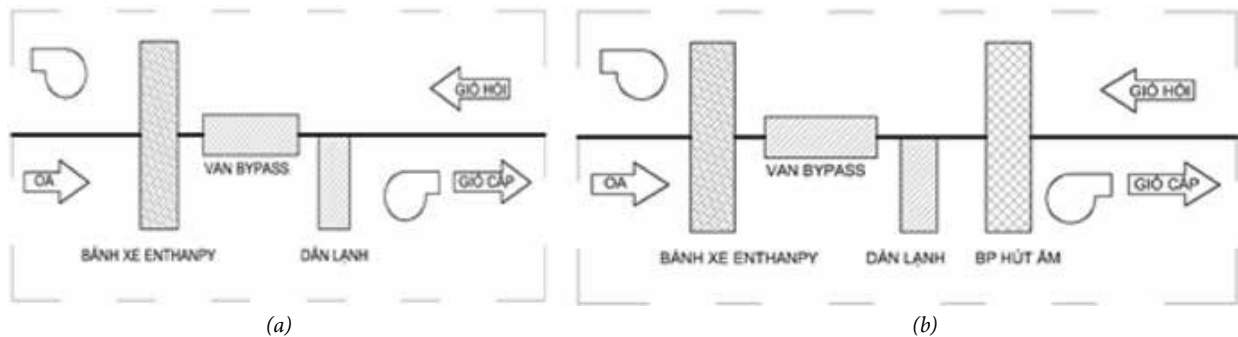
- *Hệ thống cấp gió tươi độc lập:* Đây là hệ thống sử dụng 100% không khí ngoài trời (OA). Hệ thống này được thiết kế cho các không gian có người sử dụng, đảm bảo chất lượng, phù hợp với các yêu cầu của TCVN 5687:2024 hoặc Tiêu chuẩn của Mỹ ASHRAE 62.1: 2022.

Lưu lượng không khí bổ sung vào chiếm khoảng 20% so với mức cần thiết để khử tải nhiệt cũng có thể đủ để tạo áp suất, kiểm soát tải ẩm trong phòng. Do đó, việc tách riêng hệ thống thông gió ra khỏi hệ thống HVAC mang lại nhiều lợi ích trong thiết kế. Khi thiết kế hệ thống này thường phải có dàn lạnh để xử lý tải nhiệt hoặc làm mát (ASHRAE, 2009).

- Phương án kết hợp của hệ thống cấp gió tươi độc lập:

Thu hồi năng lượng Entanpi kết hợp dàn lạnh: Hệ thống cấp gió tươi độc lập đơn giản và hiệu quả có thể được xây dựng với một dàn lạnh và thiết bị thu hồi năng lượng từ không khí. Trong một số trường hợp và điều kiện khí hậu, việc làm nóng có thể là cần thiết. Điều này phụ thuộc vào thiết kế hệ thống sưởi tổng thể của tòa nhà.

Thu hồi năng lượng Entanpi kết hợp dàn lạnh và hút ẩm thụ động: Một hệ thống cấp gió tươi độc lập hiệu quả khác có thể được xây dựng bằng cách sử dụng dàn lạnh, hút ẩm thụ động và thu hồi năng lượng entanpi.



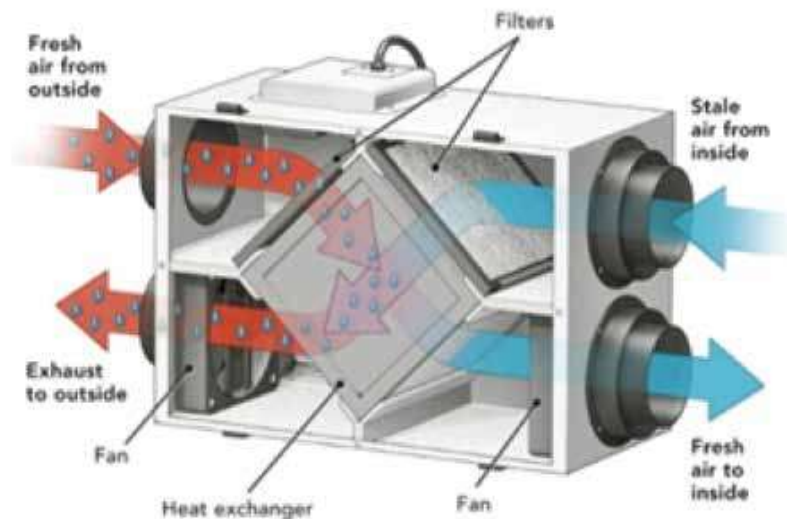
▲ Hình 1. Sơ đồ hệ thống cấp gió

(a) Kết hợp thu hồi năng lượng; (b) Kết hợp thu hồi năng lượng và hút ẩm

Nguồn: ASHRAE, 2009

- *Hệ thống thông gió thu hồi nhiệt:*

Thiết bị thông gió hồi nhiệt (Energy Recovery Ventilator - ERV) thường bao gồm một bộ trao đổi nhiệt, các quạt để cấp kết hợp thải và các bộ lọc để loại bỏ bụi bẩn và các chất ô nhiễm từ không khí ngoài trời trước khi đưa vào trong nhà. Nhờ đó, hệ thống này không chỉ cung cấp lượng không khí tươi liên tục mà còn giúp tiết kiệm năng lượng đáng kể, góp phần tạo ra môi trường sống lành mạnh và bền vững.



▲ Hình 2. Thiết bị thông gió thu hồi nhiệt

Nguồn: Enternet

- Hệ thống thông gió kiểm soát nhu cầu sử dụng:

Thông gió điều khiển theo nhu cầu là một chiến lược thiết kế tiết kiệm năng lượng trong hệ thống HVAC, trong đó lượng không khí ngoài trời cung cấp cho một không gian và được điều chỉnh dựa trên nhu cầu thực tế của không gian đó, thường được xác định qua mức độ ô nhiễm không khí, nhiệt độ, độ ẩm, hoặc lượng CO₂ trong không gian. Giải pháp này đưa đến nhiều lợi ích như: (i) Tiết kiệm năng lượng bằng cách giảm thiểu lưu lượng không khí ngoài trời khi không cần thiết; (ii) Cải thiện chất lượng không khí trong nhà giúp duy trì mức CO₂ và các chất gây ô nhiễm trong không gian ở mức hợp lý; (iii) Giảm chi phí vận hành với lượng không khí ngoài trời được điều chỉnh chính xác theo nhu cầu; (iv) Tăng tuổi thọ thiết bị với việc giảm lưu lượng không khí và giảm tải hệ thống HVAC, các thiết bị sẽ ít bị hao mòn hơn, kéo dài tuổi thọ và giảm chi phí bảo trì.

Trong quá trình thiết kế bất kỳ hệ thống thông gió kiểm soát theo yêu cầu, cần cân nhắc đến một số yếu tố như: Lưu lượng không khí ngoài trời; Thiết bị điều khiển; Cấu hình hệ thống HVAC; Khả năng thông gió tại các tải khác nhau; Các yêu cầu về tiêu chuẩn thiết kế; Kiểm soát và tối ưu hóa hệ thống đảm bảo hệ thống hoạt động hiệu quả, đặc biệt trong các điều kiện thời tiết khác nhau. Một số giải pháp chỉ cần các nút cảm biến MoD và một thiết bị cầm tay (smartphone) là có thể quan sát được mức độ ô nhiễm tại khu vực cần theo dõi (Trung, Lan et al. 2020). Theo ASHRAE thì hệ thống thông gió điều khiển theo nhu cầu phù hợp với những không gian có mật độ người lớn ($\geq 3,7\text{m}^2/\text{ng}$) và có lượng người không ổn định hoặc liên tục như rạp hát, khán phòng, phòng tập thể dục, giảng đường, nhà hàng, hội nghị... (ASHRAE, 2009).

Lưu lượng không khí ngoài trời tối thiểu cần cung cấp cho vùng thở trong công trình không được ít hơn tổng lưu lượng không khí ngoài trời dành cho khu vực có người ($R_p \times P_z$) cộng với lưu lượng không khí ngoài trời dành cho khu vực khác ($R_a \times A_z$) là:

$$OA = (R_p \times P_z) + (R_a \times A_z) \quad (3.1)$$

trong đó OA là lưu lượng không khí ngoài trời; R_p là lượng không khí ngoài yêu cầu cho mỗi người; P_z là số người được dự kiến có trong khu vực; R_a là lượng không khí ngoài yêu cầu theo diện tích; A_z là diện tích sàn sử dụng thực tế của khu vực cấp gió. (Các trị số R_p ; R_a lấy theo Bảng E.1, Phụ lục E và Bảng F1, phụ lục F trong TCVN 5687:2024 hoặc Tiêu chuẩn ASHRAE Standard 62.1-2022 tại Bảng 2).

Lưu lượng gió ngoài cấp vào tối thiểu đối với không gian có số người thay đổi trong giờ làm việc (như phòng họp) được xem xét và không được nhỏ hơn cả ba yếu tố: Lưu lượng yêu cầu tối thiểu theo

diện tích sàn; Lượng gió thải của hệ thống quy định ở Bảng 2, Tiêu chuẩn ASHRAE Standard 62.1-2022; Tổng lượng khí thải tính đến rò rỉ do chênh lệch áp suất trong quá trình làm mát hoặc sưởi ấm.

Hiện nay, hệ thống thông gió dựa vào kiểm soát nồng độ CO₂ là phương pháp phổ biến nhất vì giá thành tương đối rẻ và tín hiệu đầu ra của những cảm biến này đã được chứng minh có sự tương quan tốt với các mức độ ô nhiễm liên quan đến con người.

Các nhà dân dụng sử dụng thông gió tự nhiên kết hợp với hệ thống cơ khí để duy trì điều kiện tiện nghi và mức yêu cầu chất lượng không khí trong nhà liên tục trong năm, dưới mọi chế độ sử dụng và điều kiện môi trường bên ngoài. Thông thường, có hai loại thông gió tự nhiên để hỗ trợ luông không khí lưu thông là: thông gió ngang và thông gió đứng. Các tính toán sơ bộ trong phần này có thể được sử dụng để ước tính lưu lượng không khí ở trạng thái ổn định cho thông gió tự nhiên.

- Thông gió ngang (xuyên phòng): Kỹ thuật thông gió ngang dựa vào áp lực của gió để đưa không khí ngoài trời vào tòa nhà và di chuyển qua các không gian. Lưu lượng không khí trạng thái ổn định qua tòa nhà (ASHRAE 2009):

$$Q = K \times A \times V \quad (3.2)$$

trong đó Q là lưu lượng thông gió ngang, (m^3/h); K là hệ số hiệu quả của cửa (thường lấy 0,65); A là diện tích của cửa đón gió, (m^2); V là tốc độ gió, (m/s).

- Thông gió đứng (hiệu ứng ống khói): sử dụng các cửa thoát gió gắn mái của tòa nhà để thải hơi nóng ra ngoài và các cửa đón gió ở các tầng thấp hơn để cho không khí mát đi vào tòa nhà. Lưu lượng không khí trạng thái ổn định qua tòa nhà (ASHRAE 2009):

$$Q = 60 \times K \times A \times (2g \times H \times (T_i - T_o) / T_i)^{1/2} \quad (3.3)$$

trong đó Q là lưu lượng không khí thông gió đứng, (m^3/min); K là hệ số hiệu quả của cửa (thường lấy 0,65); A là diện tích của cửa đón gió, (m^2); g là hằng số trọng lực, khoảng $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$; H là chiều cao từ cửa đón gió đến cửa thoát gió, (m); T_i là nhiệt độ tại cửa đón gió, ($^{\circ}\text{C}$); T_o là nhiệt độ tại cửa thoát gió, ($^{\circ}\text{C}$).

4.3. Lựa chọn các thiết bị lọc và làm sạch không khí trong nhà

Hiện nay, các máy lọc không khí được trang bị bộ lọc tổng hợp (HEPA) có thể loại bỏ lên đến 99,97% các hạt bụi $0,3 \mu\text{m}$. Hoặc trang bị công nghệ Streamer, đây là một dạng phóng điện plasma tạo ra những dòng electron tốc độ cao có thể kết hợp với oxy và nito trong không khí để tạo ra những hợp chất hoạt động với khả năng oxy hóa mạnh và vì thế loại bỏ những chất gây dị ứng ví dụ như nấm mốc, một (phân và một chết), phấn hoa, và những hóa chất độc hại như formandehit, thậm chí cả virus cúm thông thường như H5N1, H1N1 (Phạm Thị Hải Hà, 2020).



Nhiều nghiên cứu cho thấy bộ lọc có thể là một biện pháp bổ sung hiệu quả cho việc kiểm soát nguồn gây ô nhiễm và thông gió. Sử dụng bổ sung bộ lọc hoặc nâng cấp bộ lọc không khí trong hệ thống HVAC có thể giúp cải thiện chất lượng không khí trong nhà. Có thể sử dụng máy lọc không khí riêng từng phòng hoặc thiết kế bộ lọc không khí trung tâm cho toàn bộ ngôi nhà. Tuy nhiên, không có máy lọc không khí hay bộ lọc nào có thể loại bỏ tất cả các chất gây ô nhiễm không khí trong nhà. Trong quá trình sử dụng, tất cả các bộ lọc đều cần phải thay thế thường xuyên tránh việc bộ lọc bị bẩn và quá tải.

4.4. Các yêu cầu về lựa chọn vật liệu khi thiết kế

Lựa chọn vật liệu có mức phát thải ô nhiễm thấp để sử dụng trong công trình cũng là giải pháp quan trọng trong mục tiêu đạt chất lượng không khí trong nhà. Bởi hiện nay các công trình sử dụng nhiều loại vật liệu nội thất mới với đồ dùng hiện đại, tiên tiến, hay xu hướng sử dụng vật liệu “xanh” nhưng không phải vật liệu nào cũng có phát thải chất ô nhiễm thấp, thậm chí là “vật liệu xanh”. Hạn chế nguồn gây ô nhiễm trong nhà thông qua việc lựa chọn vật liệu phù hợp, có phát thải thấp bao gồm các vật liệu phổ biến như: lớp sơn phủ; chất kết dính, bịt kín; tấm trần; PVC; vật liệu cách nhiệt; ván dăm, ván ép từ mùn cưa, từ gỗ, sợi nông nghiệp tổng hợp; vật liệu chống cháy; vật liệu xốp...

5. KẾT LUẬN

Có thể thấy rằng, thành phần chất ô nhiễm không khí trong nhà rất đa dạng không những bị ảnh hưởng bởi chất lượng không khí ngoài nhà mà còn có thể sinh ra từ rất nhiều nguồn khác nhau bên trong nhà, gây ảnh hưởng không nhỏ đến sức khỏe con người. Để đáp ứng được TCVN 13521, vấn đề thiết kế và vận hành cần phải được xem xét kỹ lưỡng, đây là yêu cầu cần thiết để hướng tới môi trường không khí trong nhà được trong lành, mang lại chất lượng sống tốt hơn cho con người. Nghiên cứu phân tích nguy cơ ô nhiễm không khí trong nhà, tác động tới sức khỏe con người; cập nhật các tiêu chuẩn, quy chuẩn mới nhất của các tổ chức, Chính phủ một số nước trên thế giới và Việt Nam quy định giới hạn chất lượng không khí trong nhà. Đồng thời, đưa ra giải pháp trong thiết kế công trình như: (1) Thiết kế kiến trúc; (2) Thiết kế hệ thống điều hòa không khí và thông gió; (3) Lựa chọn các thiết bị lọc và làm sạch không khí trong nhà; (4) Lựa chọn vật liệu khi thiết kế để đạt chất lượng không khí trong nhà. Điều này giúp cho các kỹ sư, kiến trúc sư và các chuyên gia tham khảo, chuẩn bị trong thiết kế công trình hướng tới mục tiêu đảm bảo chất lượng không khí trong nhà theo TCVN 13521:2022■

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ kinh phí cho nghiên cứu từ nhiệm vụ sự nghiệp môi trường cấp Bộ xây dựng (MT03-24): Xây dựng “Hướng dẫn kỹ thuật trong thiết kế, xây dựng và vận hành tòa nhà đảm bảo chất lượng môi trường không khí bên trong các công trình dân dụng theo TCVN 13521:2022 - Nhà ở và nhà công cộng – Các thông số chất lượng không khí trong nhà”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. ASHRAE (2009). *Indoor Air Quality Guide*.
2. ANSI/ASHRAE Standard 62.1 (2022). *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality*
3. Bernstein, J. A., et al. (2008). “The health effects of nonindustrial indoor air pollution.” *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 121(3): 585-591.
4. Cesaroni, G., et al. (2013). “Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in Rome.” 121(3): 324-331.
5. Chen, H., et al. (2013). “Long-term exposure to traffic-related air pollution and cardiovascular mortality.” 24(1): 35-43
6. EPA. (1989). *Report to Congress on Indoor Air Quality, 2, EPA/400/1*.
7. Franklin, P. J. (2007). “Indoor air quality and respiratory health of children.” *Paediatric respiratory reviews* 8(4): 281-286.
8. Gamble, J. F. J. E. H. P. (1998). “PM2. 5 and mortality in long-term prospective cohort studies: cause-effect or statistical associations?” 106(9): 535-549.
9. IEH. (1996). *IEH assessment on indoor air quality in the home*.
10. Liu, K.-S., et al. (2000). “Unintentional carbon monoxide deaths in California from residential and other nonvehicular sources.” *Archives of Environmental Health: An International Journal* 55(6): 375-381
11. Löndahl, J., et al. (2007). “Size-resolved respiratory-tract deposition of fine and ultrafine hydrophobic and hygroscopic aerosol particles during rest and exercise.” 19(2): 109-116.
12. Löndahl, J., et al. (2006). “A set-up for field studies of respiratory tract deposition of fine and ultrafine particles in humans.” 37(9): 1152-1163.
13. Maroni, M., et al. (1995). *Indoor air quality: a comprehensive reference book*, Elsevier.
14. McKernan, L. T., et al. (2008). “Monitoring microbial populations on wide-body commercial passenger aircraft.” *Annals of Occupational Hygiene* 52(2): 139-149.
15. Phạm Thị Hải Hà, N. T. T. (2020). “Chất lượng không khí trong nhà và các khuyến nghị trong công tác thiết kế và vận hành công trình xây dựng.” *Tạp chí kiến trúc* 02: 34-35.



16. Shrimandilkar, P. P. (2013). "Indoor air quality monitoring for human health." *International Journal of Modern Engineering Research* 3(2): 891-897.
17. Tan, S. Y., et al. (2016). "A review of heavy metals in indoor dust and its human health-risk implications." *Reviews on environmental health* 31(4): 447-456.
18. Trung, N. n. T. n., et al. (2020). "Đánh giá mức độ ô nhiễm bụi (PM10, PM2.5) trong nhà tại các căn hộ ở Hà Nội." *Tạp chí Môi trường CĐ 1, tháng 3*: 22-26.
19. Trung, N. T., et al. (2021). "Polycyclic aromatic hydrocarbons in airborne particulate matter samples from Hanoi, Vietnam: Particle size distribution, aryl hydrocarbon ligand receptor activity, and implication for cancer risk assessment." *Chemosphere* 280: 130720.
20. Trung, N. T., et al. (2020). "Thiết kế và xây dựng mạng lưới giám sát bụi PM2,5 và PM10 theo thời gian thực." *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD)-ĐHXD* 14(1V): 114-120.
21. Valavanidis, A., et al. (2008). "Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms." *Chemosphere* 26(4): 339-362.
22. Weichenthal, S., et al. (2007). "Indoor nitrogen dioxide and VOC exposures: Summary of evidence for an association with childhood asthma and a case for the inclusion of indoor ultrafine particle measures in future studies." *Indoor and Built Environment* 16(5): 387-399.
23. WHO. (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*.
24. WHO. (2016). *Indoor Air Pollution Control: Determining Milestones of the National Strategy to Improve Indoor Air Quality*.
25. Yang, Y., et al. (1997). "The effect of moderately increased CO2 concentration on perception of coherent motion." *Aviation, space, and environmental medicine* 68(3): 187-191.
26. Phạm Ngọc Đăng, Trần Thị Minh Nguyệt (2021). "Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn mới về chất lượng không khí trong nhà ở và nhà công cộng".