

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KIẾN TRÚC THÍCH ỨNG KHÍ HẬU TRONG THIẾT KẾ NHÀ PHỐ TẠI TP. ĐÀ NẴNG

A RESEARCH ON CLIMATE ADAPTABILITY STRATEGY OF TUBE HOUSE DESIGN IN DANANG CITY, VIETNAM

Lê Đức Viên

Trường Đại học Đông Nam, Trung Quốc (Southeast University, China); ducvienseu@gmail.com

Tóm tắt - Nhà phố là một loại hình cư trú phổ biến tại TP. Đà Nẵng, tuy nhiên hiện nay việc thiết kế nhà phố có tính thích ứng khí hậu chưa thật sự được xem trọng. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp khảo sát thực tế ở các phương diện nhiệt độ bề mặt tường và mái, nhiệt độ không khí trong nhà và tốc độ gió trong nhà để miêu tả hiện trạng tác động của khí hậu lên kiến trúc và khả năng thích ứng của kiến trúc. Căn cứ vào kết quả khảo sát, phát hiện những tồn tại điển hình trong thiết kế nhà phố tại Đà Nẵng, từ đó thảo luận và đề xuất một số giải pháp nâng cao khả năng thích ứng khí hậu của nhà phố. Các giải pháp được đề xuất xoay quanh hai mục tiêu, một là giảm thiểu mức độ ảnh hưởng của bức xạ mặt trời đối mái và tường, hai là tăng cường hiệu quả thông gió trong nhà.

Từ khóa - nhà phố; thích ứng khí hậu; che nắng; thông gió; TP. Đà Nẵng

Abstract - Tube house is the most common residential type in Da Nang. However, climate adaptability design of this kind of housing has not been given proper attention at present. Based on field investigation, this study focuses on the surface temperature of residential roofs and walls, indoor air temperature and indoor wind speed, and objectively describes the impact of climate on the tube house design and its adaptability. From the results of the survey, this paper points out some typical design problems, and then discusses and puts forward some strategies to improve the climate adaptability of the tube house. Each strategy aims at reducing the impact of solar radiation on the roof and walls, and improving the effect of indoor ventilation.

Key words - tube house; climate adaptability; sunshade; ventilation; Danang City

1. Đặt vấn đề

Trong thời đại hiện nay, để phục vụ cho sự phát triển trên nhiều phương diện của loài người, chúng ta đã khai thác tự nhiên một cách quá mức, điều này dẫn đến việc nguồn tài nguyên cạn kiệt, môi trường ô nhiễm nặng nề, khí hậu biến đổi theo chiều hướng tiêu cực. Bởi vậy, việc giảm thiểu những tác động của con người đối với môi trường sống là một điều tất yếu và cấp thiết. Trong kiến trúc, quá trình sử dụng kiến trúc đã tiêu hao rất nhiều năng lượng, đồng thời gây ra nhiều ô nhiễm cho môi trường xung quanh. Việc sử dụng các thiết bị điều hòa không khí trong kiến trúc còn là một trong những nguyên nhân chính làm gia tăng mức độ trầm trọng của hiện tượng đảo nhiệt trong thành phố (UHI) [1]. Từ những năm 40 của thế kỷ 20, lứa kiến trúc sư đầu tiên của nước ta đã bỏ nhiều công sức để tìm tòi và sáng tạo các giải pháp kiến trúc phù hợp với khí hậu nhiệt đới Việt Nam [2], tuy nhiên đến nay thành quả từ các nghiên cứu này vẫn chưa được nhân rộng và kế thừa xứng đáng. Chính vì vậy, việc thiết kế sao cho các công trình kiến trúc có khả năng thích ứng với khí hậu, giảm thiểu việc sử dụng các biện pháp điều tiết vì khí hậu hao tổn năng lượng là vấn đề bức thiết và cần được thực hiện rộng rãi.

Hiện nay, trên toàn quốc nói chung và TP. Đà Nẵng nói riêng, hình thức nhà ở phổ biến nhất là hình thức nhà ở riêng lẻ [3], mà trong các đô thị thì điển hình nhất là nhà phố. Khí hậu tại TP. Đà Nẵng cơ bản là khí hậu nhiệt đới, gió mùa với mùa hạ nóng bức (nhiệt độ cao nhất có thể vượt qua 40°C), mùa đông không lạnh hoặc chỉ hơi lạnh [4], trong đó mùa hạ với nhiệt độ cao đã ảnh hưởng rất lớn đến đời sống sinh hoạt và sản xuất của con người. Tuy nhiên, việc thiết kế nhà phố trong thời gian qua còn chưa được xem trọng, dẫn đến tình trạng người dân hoặc các nhà thầu xây dựng nhỏ lẻ thiếu chuyên môn về thiết kế kiến trúc tự tiến hành thiết kế mà rất ít hoặc không hề xem xét các yếu tố thích ứng khí hậu để tạo được một không gian

sống vừa đảm bảo tiện nghi nhiệt, vừa giảm thiểu mức độ sử dụng năng lượng. Ngay cả trong giới kiến trúc sư cũng có một bộ phận khá lớn những người không chú trọng về vấn đề này. Hậu quả của việc này là kiến trúc thiếu tính thích ứng khí hậu, làm giảm sự tiện nghi của người sử dụng trong những thời điểm khí hậu khắc nghiệt.

Một số nghiên cứu về vấn đề thích ứng khí hậu đã được tiến hành, như: Nghiên cứu giải pháp tiết kiệm năng lượng cho nhà ở tại Đà Nẵng của Hồ Hồng Quyên [5]; Nghiên cứu giải pháp thiết kế cho nhà phố hướng Tây và Tây Nam tại Hà Nội của Nguyễn Quang Minh [6]; Nghiên cứu cải thiện thông gió trong nhà ở bằng sân trong của Nguyễn Anh Tuấn [7]; Nghiên cứu so sánh hiệu quả của các phương pháp thông gió tự nhiên trong nhà ở của Phạm Hải Hà [8]..., đã đứng ở nhiều góc độ khác nhau để nêu lên các vấn đề thích ứng khí hậu và giải pháp cải thiện vấn đề trong thiết kế nhà phố. Với mục đích tiếp tục góp phần nghiên cứu các giải pháp thích ứng khí hậu cho nhà phố tại Đà Nẵng, nghiên cứu này tập trung khảo sát những ảnh hưởng cụ thể của khí hậu đối với kiến trúc nhà phố trong mùa hạ, phát hiện những điểm hạn chế trong thiết kế để thảo luận và đề xuất các giải pháp cải thiện.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên 3 bước chủ yếu: Một là, sử dụng phương pháp khảo sát thực tế để xác định các ảnh hưởng của khí hậu đến kiến trúc; Hai là, sử dụng phương pháp quy nạp và so sánh để tổng hợp và thảo luận về kết quả khảo sát; Ba là, dựa trên kết quả thảo luận ở bước hai để đề xuất những giải pháp cải thiện và phát triển việc thiết kế nhà phố thích ứng với khí hậu.

Để đảm bảo tính bao quát và tính điển hình, nghiên cứu lựa chọn 3 căn nhà có thiết kế, quy mô khá tương đồng với nhau và khá tương đồng với đa số các nhà phố hiện nay trên địa bàn TP. Đà Nẵng để tiến hành khảo sát.

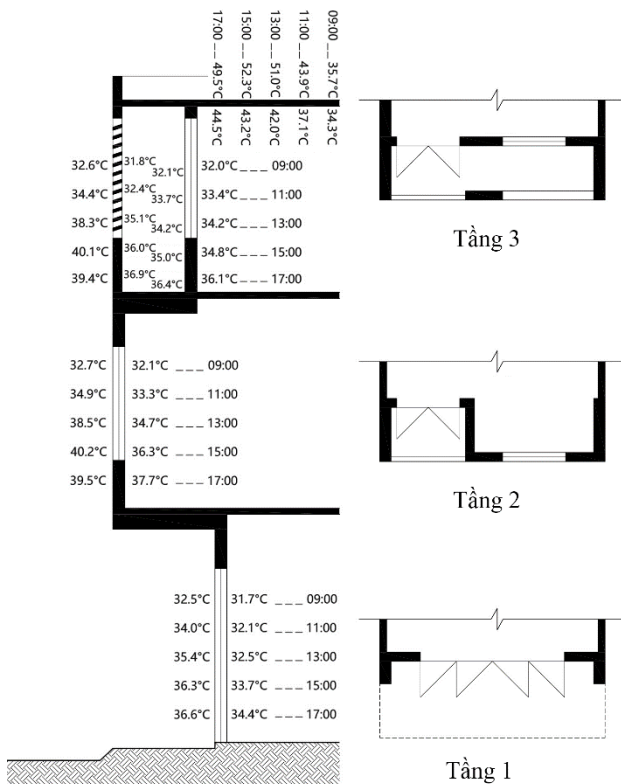
Việc khảo sát tiến hành với 3 nội dung chủ yếu, bao gồm: khảo sát nhiệt độ bề mặt tường và mái, khảo sát nhiệt độ các không khí bên trong nhà, khảo sát tốc độ gió bên trong nhà.

Các căn nhà được khảo sát bao gồm: nhà tại đường Trần Quý Khoách (ký hiệu: Nhà A), nhà tại đường Nguyễn Văn Giáp (Nhà B), nhà tại đường Trịnh Công Sơn (Nhà C). Thời điểm khảo sát là tháng 7, một trong những tháng nóng cao điểm tại TP. Đà Nẵng. Điều kiện thời tiết của các ngày khảo sát là ngày nắng, nhiệt độ ngoài trời cao nhất và thấp nhất trong khoảng thời gian đo lần lượt là: Nhà A: 26°C - 36°C, Nhà B: 27°C - 36°C, Nhà C: 28°C - 37°C. Thời gian khảo sát đối với mỗi căn nhà là từ 6:00 đến 21:00 của 1 ngày.

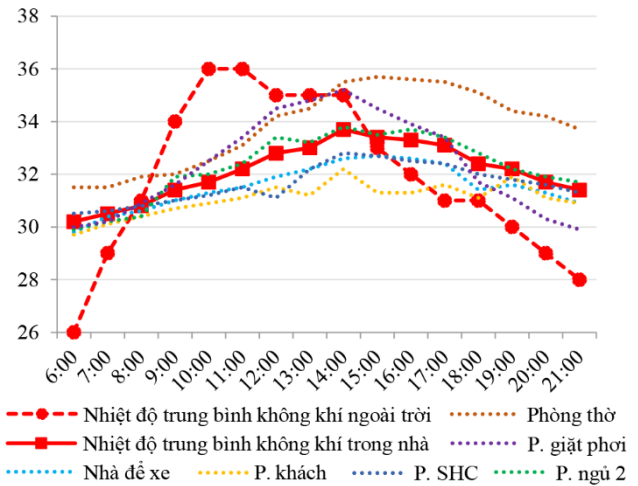
Các thiết bị đo đạc bao gồm: Thiết bị đo nhiệt độ bề mặt Smart Sensor AS852B, phạm vi đo từ -50°C đến 750°C, độ chính xác khi đo ở nhiệt độ 0 - 100°C là $\pm 2^\circ\text{C}$, độ phân giải là $0,1^\circ\text{C}$, căn chỉnh tần suất khi đo tường gạch và mái ngói là 0,90, khi đo mái bê tông là 0,95; Thiết bị đo nhiệt độ không khí Suwei SW101, phạm vi đo từ -10°C đến 50°C, độ chính xác là $\pm 1^\circ\text{C}$, độ phân giải là $0,1^\circ\text{C}$; Thiết bị đo tốc độ gió Smart Sensor AS8336, phạm vi đo từ 0,1 - 45m/s, độ chính xác là $\pm 3\%$, độ phân giải là 0,001m/s; cùng các thiết bị phụ trợ khác.

3. Kết quả khảo sát

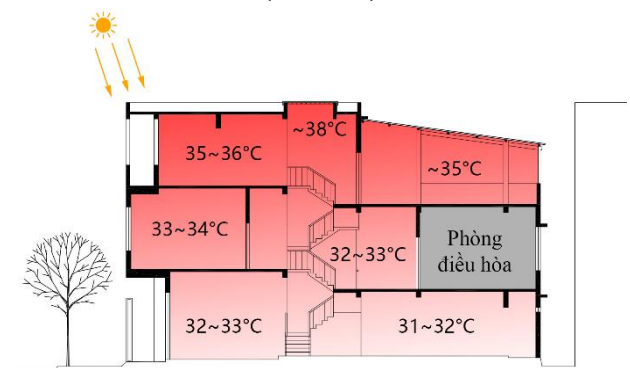
3.1. Kết quả khảo sát Nhà A



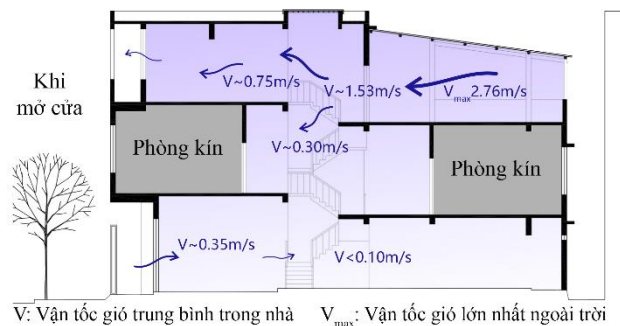
Hình 1. Nhiệt độ bề mặt tường và mái (Nhà A, °C)



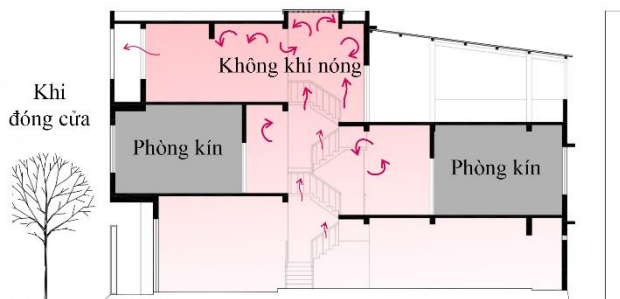
Hình 2. Nhiệt độ không khí trong và ngoài nhà (Nhà A, °C)



Hình 3. Nhiệt độ không khí trong nhà ở thời điểm nóng nhất (Nhà A, °C)

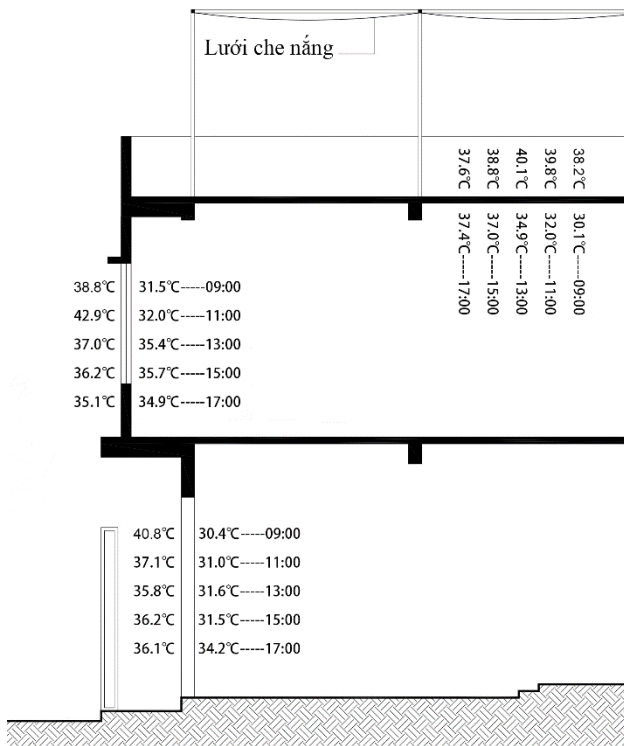


V: Vận tốc gió trung bình trong nhà V_{max} : Vận tốc gió lớn nhất ngoài trời

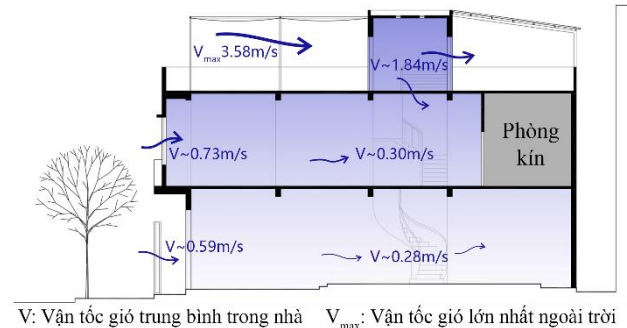


Hình 4. Tốc độ gió khi mở và đóng cửa (Nhà A)

3.2. Kết quả khảo sát Nhà B

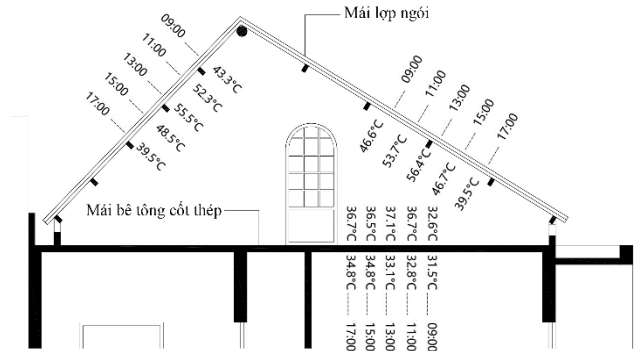


Hình 5. Nhiệt độ bề mặt tường và mái (Nhà B, °C)

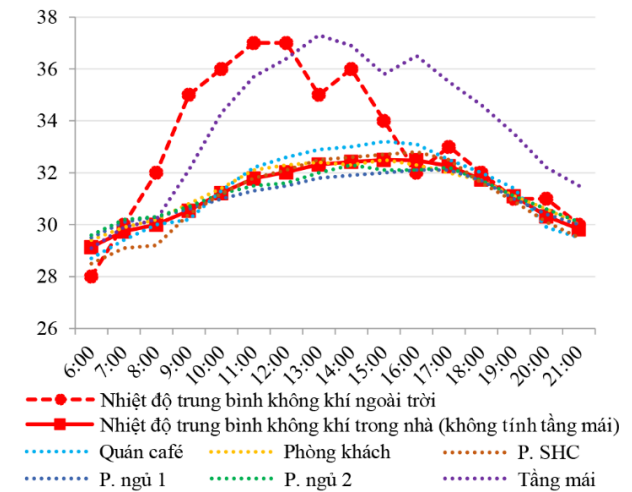


Hình 8. Tốc độ gió khi mở cửa (Nhà B)

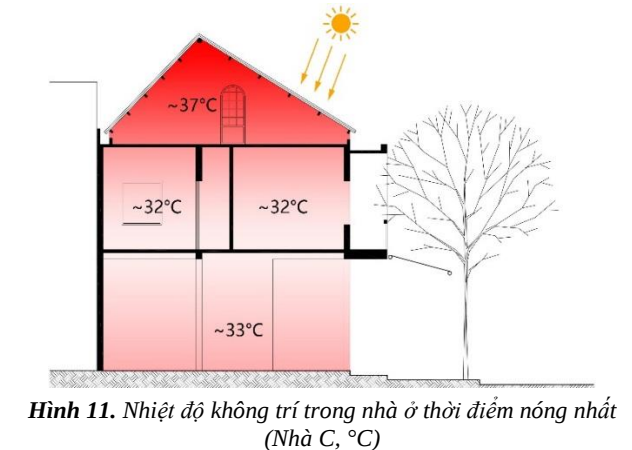
3.3. Kết quả khảo sát Nhà C



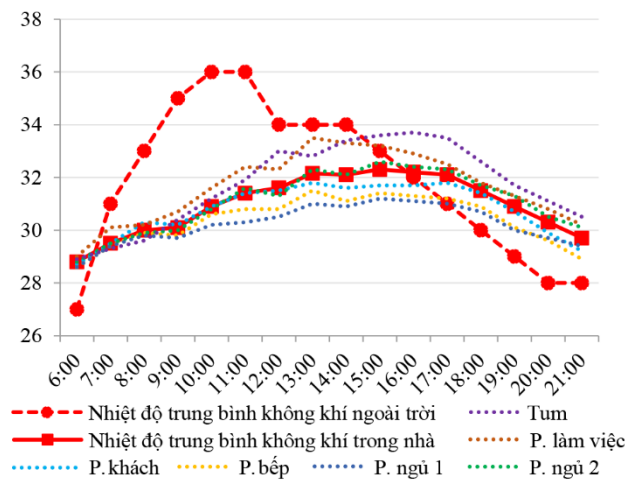
Hình 9. Nhiệt độ bề mặt mái (Nhà C, °C)



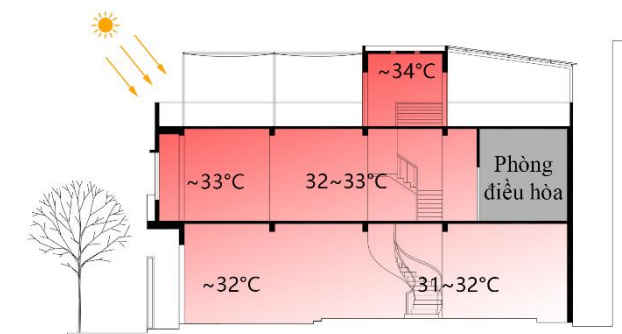
Hình 10. Nhiệt độ không khí trong và ngoài nhà (Nhà C, °C)



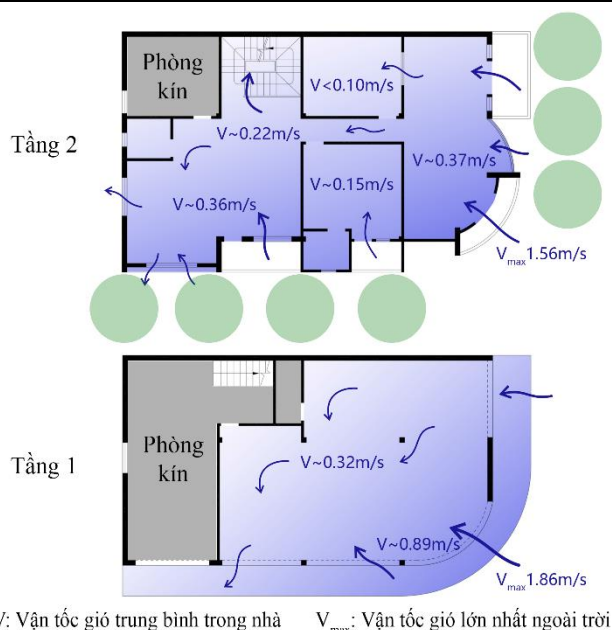
Hình 11. Nhiệt độ không khí trong nhà ở thời điểm nóng nhất (Nhà C, °C)



Hình 6. Nhiệt độ không khí trong và ngoài nhà (Nhà B, °C)



Hình 7. Nhiệt độ không khí trong nhà ở thời điểm nóng nhất (Nhà B, °C)



Hình 12. Tốc độ gió khi mở cửa (Nhà C)

4. Thảo luận

Dựa vào các kết quả khảo sát, nghiên cứu đưa ra thảo luận về thích ứng khí hậu trong thiết kế nhà phố như sau:

4.1. Cấu tạo tường và mái quyết định mức độ nhận nhiệt của kiến trúc

Thông qua kết quả khảo sát có thể dễ dàng nhận thấy bộ phận nhận nhiều nhiệt nhất của kiến trúc nhà phố là mái và tường mặt tiền. Ở Nhà A, phía trên mái bê tông cốt thép (BTCT) hoàn toàn không có thiết bị che chắn khác, nên dưới tác dụng của bức xạ mặt trời (BXMT), mái bị đốt nóng, một lượng lớn nhiệt lượng truyền trực tiếp vào không gian trong nhà làm nhiệt độ không khí trong nhà nhanh chóng tăng lên, nhiệt độ mặt trong mái thấp nhất là $34,3^{\circ}\text{C}$, cao nhất là $44,5^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ không khí của các không gian ở tầng 3 ở mức cao, khoảng $35 \sim 36^{\circ}\text{C}$. Cũng với cùng nguyên tắc như vậy, mái BTCT của Nhà B cũng chịu ảnh hưởng lớn của BXMT, tuy nhiên, vì Nhà B có lắp đặt thêm hệ thống lưới che nắng, nên độ ảnh hưởng ấy đã được giảm đi một phần rất đáng kể, chịu cường độ bức xạ thấp hơn nên nhiệt độ của mái cũng thấp hơn so với trường hợp Nhà A, nhiệt độ mặt trong mái thấp nhất là $30,1^{\circ}\text{C}$, cao nhất là $37,4^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ không khí của các không gian của tầng 2 khoảng $32 \sim 33^{\circ}\text{C}$. Cấu tạo mái của Nhà C khác với 2 trường hợp trước, Nhà C được thiết kế với một hệ thống mái ngói che chắn gần như toàn bộ phần mái BTCT bên dưới, hình thành một tầng mái vừa có chức năng kho chứa, vừa là phần không gian đệm để giảm thiểu ảnh hưởng của BXMT. Dưới ánh nắng mặt trời, mái ngói có nhiệt độ rất cao, nhiệt độ mặt trong mái ngói thấp nhất là $39,5^{\circ}\text{C}$, cao nhất là $55,5^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ không khí của tầng mái thời gian buổi trưa lên đến hơn 37°C . Tuy vậy, nhờ sự che chắn của mái ngói, đồng thời không khí nóng trong tầng mái cũng thường xuyên được gió đẩy ra ngoài, nên mái BTCT có nhiệt độ thấp hơn so với 2 trường hợp A và B, nhiệt độ mặt trong mái BTCT thấp nhất là $31,5^{\circ}\text{C}$, cao nhất chỉ có $34,8^{\circ}\text{C}$, và nhiệt độ không khí ở tầng 2 cũng chỉ ở mức khoảng $31 \sim 32^{\circ}\text{C}$.

So sánh 3 kết quả trên chúng ta có thể dễ dàng nhận thấy, với điều kiện môi trường tương đối đồng nhất, mái nhà không được che nắng, mái nhà được che nắng một phần, và mái nhà được che nắng hoàn toàn, có mức độ nhận nhiệt sản sinh do BXMT là khác nhau, từ đó làm cho mức độ nhận nhiệt của kiến trúc cũng khác nhau. Mái không có thiết kế che nắng nóng lên rất nhanh và trong thời gian ban ngày luôn ở trạng thái tỏa nhiệt trực tiếp vào bên trong nhà. Về đêm, tuy không còn chịu ảnh hưởng của BXMT, nhưng mái BTCT vẫn tiếp tục tỏa ra lượng nhiệt lớn mà BTCT hấp thụ trong ngày, làm cho nhiệt độ không khí bên trong kiến trúc vẫn ở mức khá cao.

Các số liệu đo đạc về nhiệt độ bề mặt tường cũng cho thấy hiện tượng tương tự như trên. Dưới tác dụng của BXMT, tường ngoài của kiến trúc bị làm nóng và liên tục truyền nhiệt vào không gian bên trong. Tường tầng 2 của nhà A và B đều không có cấu kiện che nắng, nên nhiệt độ tường cao, nhiệt độ bề mặt bên trong tường lần lượt là $32,1 \sim 37,7^{\circ}\text{C}$, và $31,5 \sim 35,7^{\circ}\text{C}$. Tường phía trong của tầng 3 Nhà A được che nắng một phần nhỏ diện tích, nên có nhiệt độ mặt trong tường là $32,0 \sim 36,1^{\circ}\text{C}$, thấp hơn so với tường tầng 2. Tường được che nắng một phần lớn diện tích bao gồm tường tầng 1 của nhà A và B (che bởi phần kiến trúc nhô ra ở trên và cây xanh ở bên ngoài), nhiệt độ mặt trong tường thấp hơn, lần lượt là $31,7 \sim 34,4^{\circ}\text{C}$ và $30,4 \sim 34,2^{\circ}\text{C}$. Kết quả đó cho thấy tường được che nắng sẽ có nhiệt độ thấp hơn, lượng nhiệt truyền vào trong nhà cũng thấp hơn. Tuy nhiên, hiện nay tường nhà phố ở Đà Nẵng thường không có lớp che nắng cần thiết này.

Mái và tường đơn lớp, không có cấu kiện che nắng là một hiện tượng rất phổ biến trong thiết kế kiến trúc nhà phố ở Đà Nẵng, thể hiện mức độ thích ứng thấp với khí hậu. Cần phải có sự chú trọng trong thiết kế cấu tạo mái và tường để nâng cao khả năng thích ứng với điều kiện cường độ BXMT lớn, nhiệt độ cao của khu vực Đà Nẵng.

4.2. Độ mở cửa không gian quyết định hiệu quả thông gió của kiến trúc

Đối với Nhà A: Vận tốc gió ngoài trời lớn nhất ở hướng đón gió chính là $2,76\text{m/s}$. Khi có gió và khi các cửa được mở, tốc độ gió trung bình trong nhà khoảng $0,75\text{m/s}$ ở tầng 3, khoảng $0,30\text{m/s}$ ở tầng 2, và $<0,10\text{m/s}$ ở khu vực phía trong của tầng 1. Đối với Nhà B: Vận tốc gió ngoài trời lớn nhất ở hướng đón gió chính là $3,58\text{m/s}$. Khi có gió và khi các cửa được mở, tốc độ gió trung bình trong nhà khoảng $0,30\text{m/s}$ ở tầng 2, và $0,28\text{m/s}$ ở tầng 1. Đối với Nhà C: Vận tốc gió ngoài trời lớn nhất ở hướng đón gió chính là $1,86\text{m/s}$. Khi có gió và khi các cửa được mở, tốc độ gió trung bình trong nhà khoảng $0,32\text{m/s}$ ở khu vực phía trong tầng 1, khoảng $0,36 - 0,37\text{m/s}$ ở các không gian mở ở tầng 2. Từ các số liệu đo đạc có thể thấy, khi có gió và khi các cửa được mở, vận tốc gió trung bình của đa phần các không gian mở là từ $0,28$ đến $0,37\text{m/s}$, tốc độ gió này đảm bảo được sự lưu thông không khí trong nhà, đồng thời con người có thể cảm nhận được gió và có cảm giác được làm mát. Tuy nhiên, cũng có nhiều không gian tương đối khép kín (như phòng ngủ, hoặc các khu vực phía trong tầng 1 mà không có cửa hoặc cửa rất nhỏ) chỉ có tốc độ gió khoảng dưới $0,10\text{m/s}$ và tần suất có gió rất thấp, không đảm bảo được sự lưu thông không khí và không tạo được tác dụng

làm mát cho con người [9].

Trong 3 trường hợp khảo sát thì chỉ có Nhà C là có thời gian mở cửa khá dài, lại có 2 mặt mở nên có hiệu quả thông gió tốt mặc dù vận tốc gió ngoài trời trong thời gian đo của Nhà C thấp hơn. Hai trường hợp còn lại đã có diện tích đón gió nhỏ lại còn thường xuyên đóng kín các cửa, nên hiệu quả thông gió rất thấp, đặc biệt là trong trường hợp của Nhà A. Nhà A có giếng trời ngay giữa nhà, nhưng lại không sử dụng các biện pháp che nắng, ánh nắng chiếu trực tiếp vào không gian trong nhà làm nhiệt độ không khí trong nhà lên cao, không khí nóng tích tụ nên nhiệt độ không khí trong nhà luôn ở mức cao.

Các cửa đóng kín hoặc các không gian kín nằm chắn ở những vị trí có thể lấy gió làm cho khả năng thông gió tự nhiên của nhà phổ bị giảm đi rất nhiều hoặc hoàn toàn không tồn tại khả năng thông gió. Đây cũng là một trong những tồn tại điển hình trong thiết kế nhà phố ở Đà Nẵng, cần phải có giải pháp cải thiện phù hợp.

5. Kiến nghị

5.1. Sử dụng cấu tạo mái nhiều lớp

Cấu tạo mái nhiều lớp với khoảng trống giữa các lớp sẽ giúp giảm thiểu sự ảnh hưởng trực tiếp của BXMT đối với không gian trong nhà. BXMT tác động lên lớp mái ngoài làm lớp mái này nóng lên, nhiệt lượng truyền vào lớp không khí phía trong. Với tần suất gió cao của khu vực Đà Nẵng, gió sẽ đẩy phần lớn không khí nóng trong khoảng trống giữa hai lớp mái ra ngoài, lượng nhiệt và bức xạ nhiệt đến lớp mái thứ 2 đã giảm đi một phần nên lượng nhiệt truyền vào không gian bên trong nhà sẽ ít hơn. Lớp mái phụ có thể được làm bằng các vật liệu như BTCT, gỗ, tôn, hoặc lớp thực vật... Khoảng cách giữa 2 lớp mái có thể đủ lớn để làm một không gian phụ như kho chứa, vườn trên mái...

5.2. Sử dụng cấu tạo tường nhiều lớp

Nguyên lý của các biện pháp che nắng cho tường và cửa cũng tương tự như đối với mái, tức là sử dụng khoảng trống giữa các lớp để giảm thiểu lượng nhiệt truyền vào bên trong nhà. Đối với tường và cửa thì còn cần chú ý đến hướng của nhà, tại TP. Đà Nẵng, các tường và cửa hướng về hai hướng Đông và Tây cần đặc biệt chú ý vấn đề che nắng, bởi hai hướng này chịu ảnh hưởng BXMT lớn nhất vào mùa hè. Hướng cần chú ý tiếp theo là hướng Bắc, bởi ở thời điểm nắng nóng nhất của TP. Đà Nẵng thì quỹ đạo của mặt trời vượt qua thiên đỉnh và chệch về phía Bắc. Các cấu kiện che nắng dành cho tường và cửa đều nên dựa vào phương vị và góc cao của mặt trời để có tính toán chính xác về hình dạng, góc độ và kích thước. Các lớp cấu kiện che nắng có thể được làm bằng BTCT, gỗ, thép, lớp thực vật... Khoảng cách giữa lớp che nắng và tường có thể đủ rộng để trở thành không gian công năng, như ban công, vườn cây...

5.3. Không gian mở để thông gió

Trong thiết kế thông gió, đầu tiên phải xem xét hướng nhận gió, cần có cách mở cửa và lắp đặt cấu kiện đón gió hợp lý để đón được gió mát và tránh gió nóng, đặc biệt có thể xem xét lấy gió từ phía trên mái, bởi tốc độ gió phía trên mái rất cao, nếu tận dụng tốt có thể trở thành một trong những nguồn gió chính cho nhà. Thứ hai, tăng cường không gian mở bên trong nhà để không khí được lưu chuyển thuận lợi, tránh trường hợp chia tách không gian thành quá nhiều những hộp kín chắn lối đón gió và thoát gió. Thứ ba, cửa nên có cấu tạo nhiều lớp, trong đó, lớp song chắn vừa có thể cho phép gió ra vào, vừa đảm bảo vấn đề an ninh, lớp kính hoặc gỗ đặc để đóng kín nhà trong các trường hợp cần thiết, tránh hiện tượng đa phần chỉ làm các cánh cửa đặc dẫn đến mất đi cơ hội hình thành thông gió trong nhà phổ như hiện nay.

6. Kết luận

Kiến trúc thích ứng khí hậu là một xu thế tất yếu trong bối cảnh biến đổi khí hậu như hiện nay. Sử dụng cấu tạo mái và tường nhiều lớp để giảm ảnh hưởng của BXMT, thiết kế không gian mở để nâng cao hiệu quả thông gió, là những biện pháp thiết kế thụ động quan trọng và cơ bản nhất để nâng cao khả năng thích ứng của loại hình nhà phố trong điều kiện khí hậu mùa hạ khắc nghiệt tại TP. Đà Nẵng. Ngoài ra, cũng cần nâng cao nhận thức về kiến trúc thích ứng khí hậu, giảm thiểu sử dụng năng lượng để góp phần thực hiện mục tiêu phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rizwan A. M., Dennis Y.C.L., Liu C., "A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island", *Journal of Environmental Sciences*, 20, 2008, pp. 120–128.
- [2] Phạm Đức Nguyên, *Kiến trúc sinh khí hậu*, NXB Xây dựng, 2008.
- [3] Tổng Cục Thống kê, *Diện tích sàn xây dựng nhà ở hoàn thành trong năm phân theo loại nhà*, www.gso.gov.vn
- [4] Bộ Xây dựng, *QCVN 02: 2009/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia: Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng*, Hà Nội, 2009.
- [5] Hồ Hồng Quyên, "Nghiên cứu các giải pháp thiết kế kiến trúc tiết kiệm năng lượng cho nhà ống tại thành phố Đà Nẵng", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 11(84), 2014, trang 48–54.
- [6] Quang Minh Nguyen, "Shop-Houses Facing West or Southwest in Hanoi - Reconceptualised in View of Indoor Thermal Comfort and Energy Efficiency", *Procedia Engineering*, 142, 2016, pp. 268–275.
- [7] Nguyễn Anh Tuấn & Lê Thị Kim Dung, "Cải thiện thông gió tự nhiên trong nhà ở bằng sân trong", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 3(76), 2014, trang 68–71.
- [8] Phạm Ngọc Đăng & Phạm Hải Hà, *Nhiệt và khí hậu kiến trúc*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2011.
- [9] Ngô Thám, *Kiến trúc Năng lượng & Môi trường*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2012.

(BBT nhận bài: 28/12/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 15/01/2018)