

Đánh giá tiện nghi nhiệt của phòng học không gắn máy điều hòa tại Thành phố Hồ Chí Minh

- Nguyễn Thị Quế Nam
- Trần Công Thành

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 09 tháng 01 năm 2017, nhận đăng ngày 30 tháng 10 năm 2017)

TÓM TẮT

Tiện nghi nhiệt là một thông số đánh giá chất lượng môi trường trong nhà, ảnh hưởng đến việc học tập của sinh viên. Một nghiên cứu cắt ngang mô tả đã được tiến hành để đánh giá điều kiện nhiệt trong giờ học tại một trường đại học tại Thành phố Hồ Chí Minh. Các thông số vi khí hậu được đo cùng với thời gian sinh viên trả lời các câu hỏi trong bảng khảo sát. Phân tích dữ liệu khách quan theo mô hình Predicted Mean Vote (PMV) hiệu chỉnh cho thấy không có phòng học

Từ khóa: tiện nghi nhiệt, phòng học, nhiệt độ tiện nghi

nào có điều kiện tiện nghi theo quy định TCVN 7438:2004, giống với kết quả từ bảng khảo sát. Nghiên cứu cho thấy 72 % trong 472 sinh viên không chấp nhận môi trường phòng học và trong đó có 91,3 % sinh viên mong muốn phòng học mát hơn. Nhiệt độ tiện nghi được đề xuất là 29,4 °C từ mô hình hồi quy tuyến tính giữa chỉ số dự báo cảm giác nhiệt khách quan (adaptive PMV) và nhiệt độ hiệu dụng (T_o).

MỞ ĐẦU

Do con người trải qua phần lớn thời gian ở trong nhà nên việc tạo một không gian thoải mái là rất quan trọng. Nhiều loại tiện nghi công trình được đưa ra như tiêu chí để đánh giá chất lượng môi trường trong nhà, trong đó có tiện nghi nhiệt. Theo định nghĩa của Hiệp hội kỹ sư thông gió cấp nhiệt Mỹ (ASHRAE) tiện nghi nhiệt là “một trạng thái cảm giác thể hiện sự hài lòng với môi trường đang tồn tại”. Tiện nghi nhiệt chịu ảnh hưởng bởi 6 yếu tố chính: nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối, tốc độ chuyển động của không khí, nhiệt độ bức xạ, nhiệt sinh lý và nhiệt trở quần áo [1]. Vào giữa những năm 1970, những nghiên cứu về tiện nghi nhiệt trong các công trình được khởi xướng lần đầu tiên để đáp ứng nhu cầu từ cuộc khủng hoảng dầu mỏ, và gần đây đã được chú ý nhiều hơn do những lo ngại của con người trong vấn đề tiêu thụ năng lượng và biến đổi khí hậu [8]. Tiện nghi nhiệt công trình đã được các

nước phát triển quan tâm từ lâu, được nghiên cứu ở nhiều không gian khác nhau: văn phòng, nhà xưởng, trường học, bệnh viện, nhà ở ... Tuy nhiên, ở nhiều quốc gia trên thế giới, môi trường trường học được chú trọng và quan tâm nhiều nhất, đã được nghiên cứu từ vùng nhiệt đới đến ôn đới. Hầu hết các nghiên cứu đều điều tra và tính toán mức cảm giác nhiệt cũng như khoảng nhiệt độ chấp nhận thích hợp cho học sinh và sinh viên.

Các nghiên cứu về tiện nghi nhiệt trường học ở Việt Nam vẫn còn chưa phổ biến. Một nghiên cứu ở thành phố Đà Nẵng đã đề xuất ra nhiệt độ tối ưu cho sinh viên là 28,1 °C, cao hơn mức nhiệt độ trong các công trình có máy điều hòa [2]. Nghiên cứu này đã được tiến hành nhằm mục đích đánh giá tiện nghi nhiệt phòng học và tính toán nhiệt độ tối ưu cụ thể dành cho sinh viên tại một trường đại học.

PHƯƠNG PHÁP**Thiết kế**

Nghiên cứu được thiết kế dạng cắt ngang mô tả, tiến hành vào tháng 5/2015 tại một trường đại

học được chọn tại Thành phố Hồ Chí Minh. Dựa vào một số đặc điểm, nghiên cứu chia ra thành 4 loại phòng học và lựa chọn 2 phòng cho mỗi loại để tiến hành đo đạc và khảo sát (Bảng 1).

Bảng 1. Đặc điểm các phòng học đã khảo sát

Số lượng sinh viên	Số cửa ra vào	Số quạt trần	Ký hiệu phòng		
Dưới 70	1-2	2	F202 F205B F305	F302 F303	F205A F304
Trên 70 đến 130	1-2	2-3	E301 E402	E302 F301	E401 F300
Trên 130 đến 160	2	3-4	B11 C41 E404	C31 C42	C32 F203
Trên 160	2-4	4 -7	C22 C43	C23 E403	C33

Các thông số vi khí hậu được đo trong giờ học, song song đó sinh viên trả lời câu hỏi trong bảng khảo sát.

Đo đạc

Nghiên cứu tiến hành đo đạc 3 thông số vi khí hậu: nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối, tốc độ chuyển động của không khí. Các thông số được đo bằng dụng cụ thích hợp đặt cách sàn 1,0 m so với mặt sàn, và được đặt tại vị trí giữa phòng.

Điều tra bảng khảo sát

Bảng khảo sát với mục đích chính là để đánh giá cảm giác nhiệt của sinh viên trong phòng học theo thang 7 điểm của ASHRAE: -3 (Lạnh), -2 (Mát), -1 (Hơi mát), 0 (Bình thường), +1 (Hơi nóng), +2 (Nóng), +3 (Rất nóng) (Hình 1A). Bảng khảo sát được thực hiện cùng lúc với quá trình đo đạc thông các thông số vi khí hậu, vào đầu giờ học (dành cho những bạn đã ngồi trong phòng học 10 phút), giờ giải lao hoặc cuối giờ học, tùy vào thời gian học và vẫn bảo đảm không ảnh hưởng đến bài giảng của giảng viên và SV.

Bảng khảo sát gồm 3 phần:

Phần 1: Thông tin chung

Phần 2: Trang phục đang mặc. Thông tin này cung cấp nhiệt trở quần áo.

Phần 3: Cảm giác nhiệt cá nhân theo thang 7 điểm, sự chấp nhận và mong muốn thay đổi điều kiện nhiệt phòng học.

Phân tích*Tiện nghi nhiệt khách quan thông qua mô hình*

Mô hình PMV hiệu chỉnh dành cho tòa nhà không có máy điều hòa được lựa chọn để dự báo mức độ tiện nghi nhiệt ở một số phòng học.

Từ các thông số vi khí hậu đã đo đạc và nhiệt trở quần áo thu thập được, nghiên cứu tính toán chỉ số dự báo cảm nhận nhiệt trung bình theo phiếu đánh giá (PMV) dựa vào công thức theo TCVN 7438:2004. Mức nhiệt sinh lý là 1,2 m ứng với hoạt động ngồi. Nghiên cứu cũng giả sử nhiệt độ không khí bằng với nhiệt độ bức xạ cũng đồng thời là giá trị nhiệt độ hiệu dụng của nghiên cứu.

Như vậy, các thông số đầu vào của mô hình PMV theo TCVN bao gồm 4 thông số vi khí hậu: nhiệt độ không khí, nhiệt độ bức xạ, độ ẩm tương đối, tốc độ chuyển động của không khí và 2 thông số của con người: nhiệt trở quần áo và mức nhiệt sinh lý. Công thức của mô hình tương đối dài nên nghiên cứu không tiện trình bày.

Mô hình PMV của TCVN dành cho môi trường ôn hòa, chủ yếu thích hợp cho người châu

Âu và châu Mỹ, vì thế mô hình cần hiệu chỉnh để phù hợp với khí hậu nhiệt đới. Hệ số hiệu chỉnh $e = 0,7$ được lựa chọn cho phòng học không có máy điều hòa để tính chỉ số cảm giác nhiệt khách quan aPMV theo một nghiên cứu tương tự ở Singapore [6].

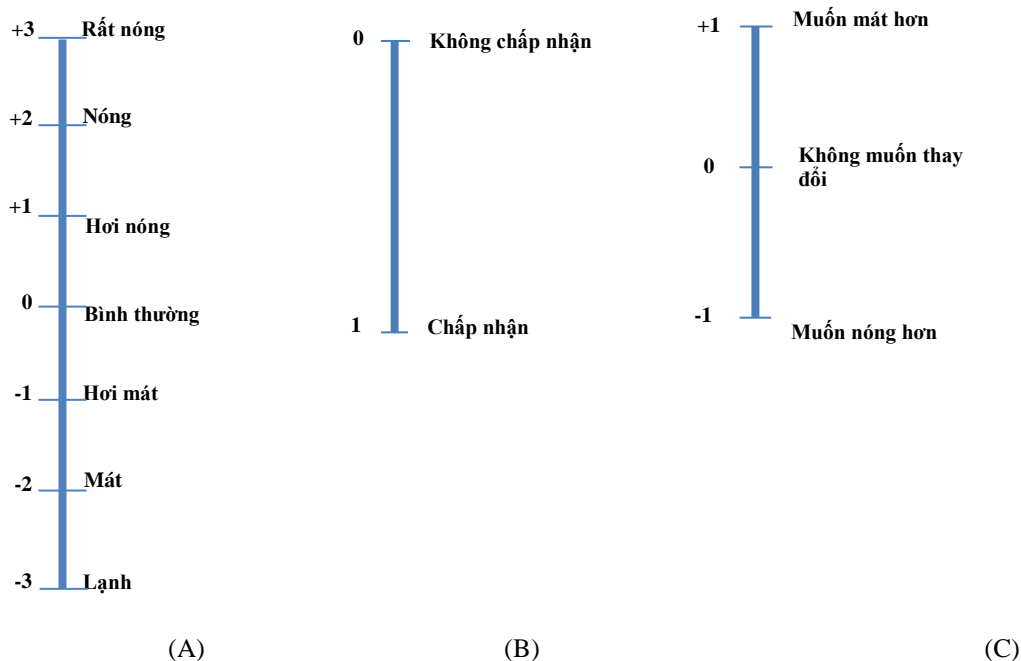
Nghiên cứu cũng tính toán phần trăm dự báo số người không hài lòng (PPD) theo chỉ số cảm giác nhiệt khách quan (aPMV) theo công thức sau:

$$PPD = 100 - 95 \exp[-(0,03353 aPMV^4 + 0,2179 aPMV^2)] \quad (1)$$

Tiện nghi nhiệt chủ quan qua bảng khảo sát

Dựa vào bảng khảo sát, nghiên cứu thống kê cảm giác nhiệt chủ quan theo thang 7 điểm (chỉ số AMV) (Hình 1A)

Nghiên cứu cũng thống kê sự chấp nhận nhiệt và mong muốn thay đổi điều kiện nhiệt phòng học của SV (Hình 1 B, C).



Hình 1. (A) Thang cảm giác nhiệt 7 điểm ASHRAE [7]; (B) Sự chấp nhận nhiệt; (C) Sự ưa thích nhiệt (Mong muốn thay đổi điều kiện nhiệt)

Nhiệt độ tối ưu

Nhiệt độ hiệu dụng được cho là tối ưu khi chỉ số cảm giác nhiệt có giá trị từ -0,5 đến +0,5. Nhiệt độ tối ưu được tính toán từ phương trình hồi quy tuyến tính giữa nhiệt độ hiệu dụng và chỉ số cảm giác nhiệt (aPMV hoặc AMV).

Nhiệt độ tối ưu theo chỉ số cảm giác nhiệt khách quan (aPMV) có phương trình như sau:

$$aPMV = a_1 T_o + b_1 \quad (2)$$

aPMV: chỉ số cảm giác nhiệt khách quan

a_1, b_1 : hệ số của phương trình hồi quy tuyến tính

T_o : nhiệt độ hiệu dụng ($^{\circ}C$)

Tương tự cho phương trình hồi quy tuyến tính thể hiện mối quan hệ giữa chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan AMV và nhiệt độ hiệu dụng:

$$AMV = a_2 T_o + b_2 \quad (3)$$

AMV là chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan;

a_2, b_2 là hệ số trong phương trình hồi quy tuyến tính;

T_o là nhiệt độ hiệu dụng ($^{\circ}C$);

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**Mô tả mẫu điều tra và đo đạc**

Nghiên cứu đã thu thập được 472 bảng khảo sát từ 8 phòng học đã điều tra và đo đạc. Đó là

các phòng: F202, F302, E302, F301, F203, E404, C22 và C43. Đặc điểm các phòng học và số lượng bảng khảo sát thu thập ở từng phòng được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Đặc điểm phòng học đã khảo sát và số bảng khảo sát thu được

Phòng	Số sinh viên tối đa	Số cửa ra vào	Số quạt trần	BKS thu được
F202	30	1	1	18
F302	40	1	1	26
E302	100	2	2	39
F301	130	1	3	49
F203	150	2	4	41
E404	160	2	3	82
C22	180	4	4	124
C43	180	2	7	93
Tổng				472

Sau khi đo đạc các thông số vi khí hậu trong các phòng học, nghiên cứu tính toán chỉ số cảm giác nhiệt khách quan theo mô hình PMV hiệu chỉnh (aPMV) dành cho tòa nhà không có máy điều hòa.

Các giá trị thống kê miêu tả của nhiệt độ hiệu dụng (T_o), tốc độ chuyển động của không khí (v_{air}), độ ẩm tương đối (RH), nhiệt trở quần áo (Clo), chỉ số cảm giác nhiệt khách quan (aPMV), chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan (AMV) và phần trăm số người không hài lòng với điều kiện nhiệt (PPD) được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Các giá trị thống kê mô tả thông số vi khí hậu và chỉ số cảm giác nhiệt

Chỉ số	Trung bình	Min	Max	Độ lệch chuẩn
T_o (°C)	33,6	30	36,2	1,32
v_{air} (m/s)	0,3	0,1	1,2	0,24
RH (%)	59,4	49,1	72,7	5,21
Clo	0,53	0,4	0,8	0,08
AMV	1,7	-2	3	1,26
aPMV	1,7	0,62	2,52	0,36
PPD (%)	61,97	13,14	93,84	17,47

Tiện nghi nhiệt khách quan thông qua mô hình*Chỉ số cảm giác nhiệt khách quan (aPMV)*

Đánh giá tiện nghi nhiệt khách quan thông qua mô hình PMV hiệu chỉnh sử dụng công thức

tính toán chỉ số PMV theo TCVN 7438:2004. Với hệ số hiệu chỉnh $e = 0,7$; chỉ số cảm giác nhiệt khách quan (aPMV) được tính toán có kết quả trung bình là 1,7, nằm trong khoảng 0,63 đến 2,52. Như vậy, cảm giác nhiệt dự báo tương ứng

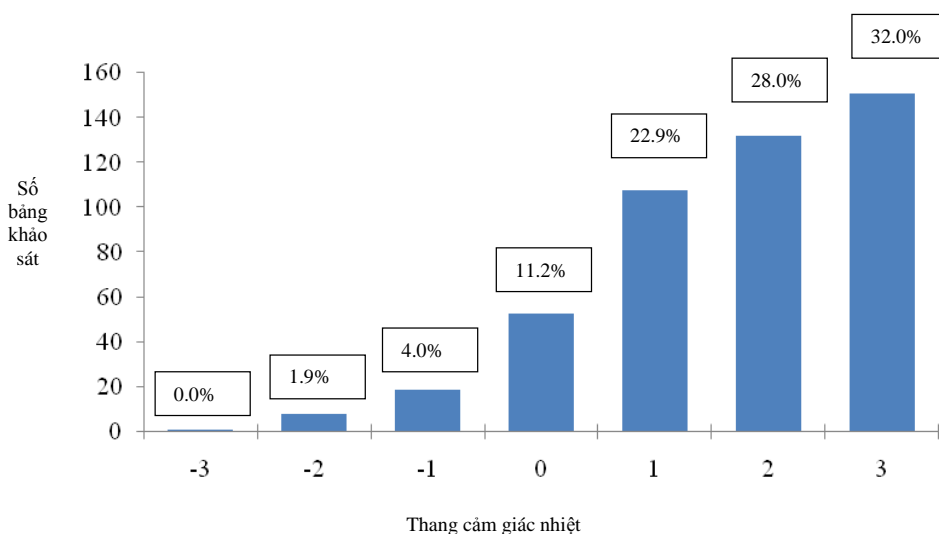
theo thang 7 điểm là “nóng”. Chỉ số này đã vượt qua mức khuyến nghị tiện nghi từ -0,5 đến +0,5, được quy định trong TCVN 7438: 2004.

Chỉ số dự báo phần trăm số người không hài lòng (PPD)

Chỉ số PPD được tính toán dựa trên công thức (1), có giá trị là 61,97 %. Giá trị này là rất cao so với mức khuyến nghị của TCVN 7438:2004. Nó đã phản ánh hoàn toàn phù hợp với mức nhiệt độ hiệu dụng và cho thấy hầu hết sinh viên tại các phòng học được khảo sát cảm thấy khó chịu với điều kiện nhiệt hiện tại. Điều này dễ dàng giải thích do khí hậu nhiệt đới ẩm gió mùa ở nước ta, với nhiệt độ trung bình vào tháng 5 năm 2015 trên 30 °C kết hợp với ảnh hưởng của hiện tượng El Nino đã làm cho nền nhiệt độ tăng từ 0,5 đến 3 °C. Bên cạnh đó, điều kiện thông gió cơ học bằng quạt ở các phòng học không đáp ứng phù hợp với mức nhiệt độ không khí trong phòng học.

Tiện nghi nhiệt chủ quan qua bảng khảo sát

Tiện nghi nhiệt chủ quan được đánh giá bằng chỉ số cảm giác cảm nhiệt chủ quan (AMV). Chỉ số này có được thông qua bảng khảo sát của 472 sinh viên. Các giá trị thống kê miêu tả chỉ số AMV được trình bày trong Bảng 3, nằm trong khoảng từ -2 đến +3, có giá trị trung bình là 1,7. Mức cảm giác nhiệt tương ứng với chỉ số AMV từ "mát" đến "rất nóng", cảm giác nhiệt trung bình là "nóng". Đa số sinh viên cảm thấy khó chịu, với 60 % sinh viên cảm thấy “nóng” đến “rất nóng” và phần trăm sinh viên cảm thấy “rất nóng” chiếm tỉ lệ cao nhất (32 %) (Hình 2). So sánh với aPMV, kết quả của AMV là tương đồng. Cả hai đều có giá trị là 1,7, ứng với mức cảm giác nhiệt "nóng". Điều này cho thấy mô hình PMV hiệu chỉnh là phù hợp cho việc dự báo tiện nghi nhiệt phòng học đã khảo sát.



Hình 2. Phân bố chỉ số AMV theo bảng khảo sát

AMV phân bố theo nhiệt độ hiệu dụng được trình bày ở Bảng 4. Từng khoảng nhiệt độ khác nhau, ứng với giá trị AMV khác nhau. Trung bình AMV ở mỗi khoảng nhiệt độ khác nhau đều trên 1,5. Riêng với khoảng nhiệt độ nhiệt dụng

trên 34 °C, trung bình AMV đều trên 2,5. Như vậy, trong khoảng nhiệt độ từ 30–34 °C, sinh viên cảm thấy "nóng", và trên 34 °C, mức cảm giác nhiệt của sinh viên là "rất nóng".

Bảng 4. Phân bố cảm giác nhiệt chủ quan AMV theo nhiệt độ hiệu dụng (T_o)

T_o (°C)	-3	-2	-1	0	1	2	3	Tổng	Trung bình AMV
30–31	0	0	1	3	2	7	4	17	1.59
31–32	0	1	2	5	7	9	16	40	1.73
32–33	0	4	5	14	49	46	33	151	1.50
33–34	0	4	11	29	46	55	56	201	1.51
34–35	0	0	0	0	0	3	4	7	2.57
< 35	0	0	0	2	4	12	38	56	2.54
Tổng	0	9	19	53	108	132	151	472	

Nhiệt độ tối ưu

Nhiệt độ tối ưu theo chỉ số cảm giác nhiệt khách quan (aPMV)

Phương trình hồi quy tuyến tính giữa chỉ số aPMV và T_o như sau:

$$aPMV = 0,4045T_o - 11,902 \quad (4)$$

Với aPMV là chỉ số cảm giác nhiệt khách quan và T_o là nhiệt độ hiệu dụng.

Từ phương trình (4), nghiên cứu nhận thấy có mối tương quan cao giữa chỉ số aPMV và nhiệt độ hiệu dụng với R hiệu chỉnh $> 0,9$ ($R^2 = 0,947$). Nhiệt độ tối ưu được tính toán là $29,4$ °C, nằm trong từ $28,1$ đến $30,7$ °C.

Khoảng nhiệt độ tối ưu đưa ra cao hơn nhiệt độ tối ưu theo TCVN 7438:2004 là $3,4$ °C. Tuy nhiên, giá trị này gần giống với kết quả của một nghiên cứu ở Đà Nẵng. Tác giả N.A. Tuấn, L.T.K. Dung (2015) đã đưa nhiệt độ tiện nghi cho sinh viên ở khu vực miền Trung là $28,1$ °C. Một nghiên cứu khác ở Singapore, cũng đưa ra kết quả cho nhiệt độ tiện nghi gần hơn, là $28,8$ °C [6].

Nhiệt độ tối ưu theo chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan (AMV)

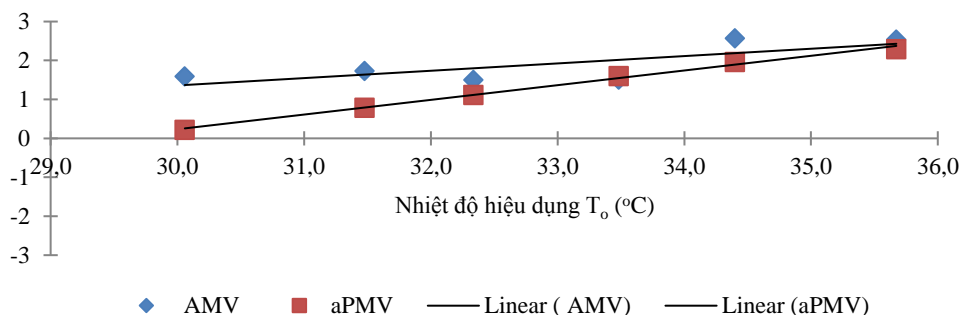
Phương trình hồi quy tuyến tính thể hiện mối quan hệ giữa nhiệt độ hiệu dụng và chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan như sau AMV:

$$AMV = 0,189T_o - 4,295 \quad (5)$$

Với AMV là chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan và T_o là nhiệt độ hiệu dụng. Hệ số R hiệu chỉnh của phương trình (5) cho thấy mối tương quan khá chặt chẽ của AMV và T_o ($R^2 = 0,568 > 0,5$). Phương trình đề xuất nhiệt độ tối ưu là $22,7$ °C, trong khoảng từ $20,1$ đến $25,4$ °C.

Khoảng giá trị nhiệt độ này nhỏ hơn và rộng hơn khoảng nhiệt độ được đề xuất ($24,5 \pm 0,5$ °C) trong TCVN 7438:2004. Giá trị cao nhất của khoảng nhiệt độ tối ưu bằng với nhiệt độ ưa thích của một nghiên cứu tương tự ở Singapore ($25,3$ °C) [6]. Điều này có thể giải thích do sự chủ quan của con người, đặc biệt ở vùng nhiệt đới, luôn mong muốn môi trường nhiệt độ mát hơn.

Nhiệt độ tối ưu đề xuất từ phương trình hồi quy giữa T_o và AMV thấp hơn nhiệt độ tối ưu của phương trình hồi quy giữa T_o và aPMV là $6,7$ °C.



Hình 3. So sánh mô hình hồi quy tuyến tính với aPMV và AMV theo T_o

Có sự khác biệt lớn về hai mô hình hồi quy tuyến tính. Nghiên cứu nhận thấy chỉ số aPMV và AVM hội tụ khi nhiệt độ cao hơn. Ngược lại, tại nhiệt độ thấp hơn, vẫn tồn tại khoảng lệch giữa chỉ số AMV và chỉ số aPMV (Hình 3).

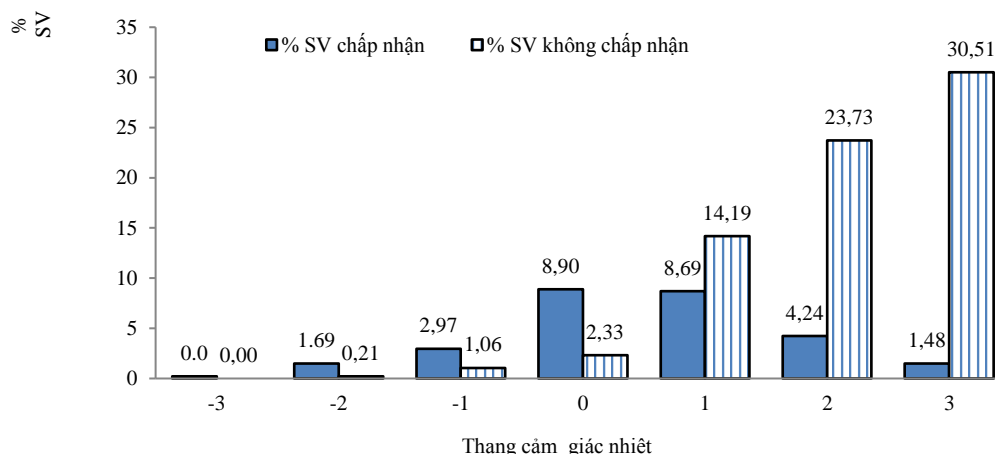
Như vậy, khi nhiệt hiệu dụng càng tăng cao, mô hình PMV hiệu chỉnh dành cho tòa nhà không có máy điều hòa vùng nhiệt đới phản ánh càng gần với kết quả từ ý kiến chủ quan. Điều này đã góp phần nâng độ tin cậy và tính ứng dụng của mô hình ở vùng nhiệt đới.

Sự chấp nhận nhiệt và mong muốn thay đổi điều kiện nhiệt

Từ 472 bảng khảo sát thu thập được, khi hỏi về sự chấp nhận môi trường nhiệt ở các phòng học, 72 % sinh viên đã trả lời không chấp nhận về môi trường nhiệt phòng học. Sinh viên chấp

nhận điều kiện nhiệt ở phòng học khi cảm thấy “mát”, “hơi mát” hoặc “bình thường” (từ -2 đến 0) (Hình 4). Ngược lại, khi sinh viên cảm thấy "hơi nóng", “nóng” và “rất nóng” (+1 đến +3), phần trăm sinh viên không chấp nhận càng tăng cao, với 68,4 % số sinh viên được khảo sát không chấp nhận môi trường phòng học.

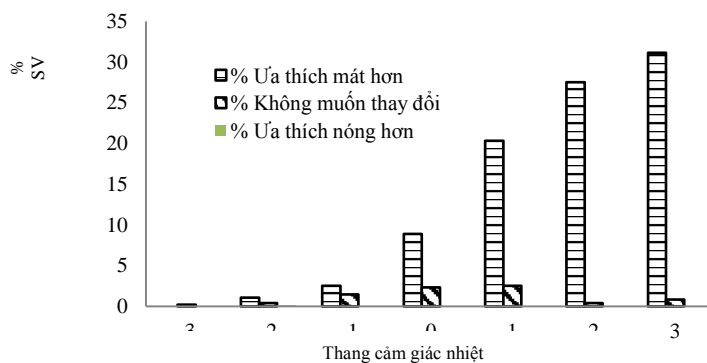
Phần trăm sinh viên không chấp nhận (72 %) cao hơn phần trăm sinh viên hài lòng được tính toán từ mô hình và bảng khảo sát (61,97 %). Sự chấp nhận nhiệt của sinh viên có sự khác biệt đối với một số nghiên cứu khác tương tự ở Italy [5]. Ở mức cảm giác nhiệt “hơi nóng” (+1) vẫn được chấp nhận trong khi mức cảm giác này không được chấp nhận bởi sinh viên được khảo sát trong nghiên cứu này.



Hình 4. Phân bố phần trăm số người chấp nhận và không chấp nhận theo thang cảm giác nhiệt

Hầu hết sinh viên ở mức cảm giác nhiệt khác nhau đều mong muốn mát hơn với 91,3 %, và chỉ 8,3 % số sinh viên không muốn thay đổi môi trường nhiệt phòng học (Hình 5).

Đặc biệt, khi cảm giác nhiệt ở mức "hơi nóng" (+1), "nóng" (+2), "rất nóng" (+3), gần 80 % sinh viên mong muốn môi trường nhiệt phòng học mát hơn.



Hình 5. Phần trăm ưa thích nhiệt theo thang cảm giác nhiệt

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đánh giá tiện nghi nhiệt ở một số phòng học không gắn máy điều hòa tại một trường đại học tại Thành phố Hồ Chí Minh được tiến hành trong tháng 5 năm 2015. Mô hình PMV hiệu chỉnh cho tòa nhà không có máy điều hòa trong vùng khí hậu nhiệt đới được sử dụng cho nghiên cứu và so sánh với kết quả từ 472 bảng khảo sát. Mô hình PMV hiệu chỉnh dự báo cảm giác nhiệt khách quan ở mức "nóng" với 61,97 % sinh viên không hài lòng với điều kiện môi trường nhiệt ở các phòng học. Không phòng học nào đạt tiện nghi theo TCVN 7438:2004. Chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan theo ý kiến của sinh viên

ở mức cảm giác nhiệt được cho là tiện nghi (-1;+1), phần trăm sinh viên ưa thích mát hơn cao hơn rất nhiều so với phần trăm sinh viên không muốn thay đổi. Điều này chứng tỏ xu hướng mong muốn thay đổi môi trường học tập mát hơn của sinh viên là rất cao.

cũng đưa ra kết quả ở mức "nóng". Nghiên cứu còn cho thấy 72 % sinh viên không chấp nhận môi trường phòng học và trong đó có 91,3 % sinh viên mong muốn phòng học mát hơn. Kết quả từ mô hình PMV hiệu chỉnh và chỉ số cảm giác nhiệt chủ quan là giống nhau. Điều này cho thấy mô hình PMV hiệu chỉnh đã dự báo chính xác mức độ tiện nghi phòng học. Nghiên cứu đề xuất mức nhiệt độ tối ưu tại 29,4 °C theo mô hình hồi quy tuyến tính của nhiệt độ hiệu dụng T^o và chỉ số cảm giác nhiệt khách quan aPMV. Khoảng nhiệt độ này có thể áp dụng cho những văn phòng sử dụng máy điều hòa nhiệt độ tại Thành phố Hồ Chí Minh, góp phần tiết kiệm năng lượng.

Assessing the thermal comfort in non-air conditioned classrooms in Ho Chi Minh City

• **Nguyen Thi Que Nam**

• **Tran Cong Thanh**

University of Science, VNU-HCM

ABSTRACT

Thermal comfort is a parameter to assess environmental indoor quality which affects especially performance of students. A cross-sectional study was conducted in classrooms at a university campus in Ho Chi Minh City to assess the thermal condition during the class time. Microclimate parameters were measured at the same time when students answered the survey on their thermal sensation and acceptability of the indoor climate. Objective data analysis from adaptive PMV model for non-air-conditioned

buildings revealed that none of classes had the thermal condition were in the comfort zone of TCVN 7438:2004, coinciding with the subjective result from the surveys. The research showed that 72 percent of the 472 students did not accept the thermal environment and 91.3 percent of students preferred cooler. The suggested neutral temperature was 29.4 °C, the derived from the linear regression between adaptive Predicted Mean Vote (aPMV) and operative temperature (To).

Keyword: thermal comfort, classroom, model, Predicted Mean Vote, TCVN 7438:2004

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. N.A. Tuấn, Đề xuất mô hình tiện nghi nhiệt áp dụng cho người Việt Nam trong các tình huống và thể loại công trình khác nhau, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 5, 72–76 (2012).
- [2]. N.A. Tuấn, L.T.K. Dung, Tiện nghi trong một số giảng đường thông gió, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 01, 86, 84 (2015).
- [3]. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng - Bộ Khoa học và Công nghệ, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7438: 2004, Ergonomi – Môi trường ôn hòa – Xác định chỉ số PMV và PPD và đặc trưng của điều kiện tiện nghi nhiệt (2004).
- [4]. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng - Bộ Khoa học và Công nghệ, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN, 5508: 2009, Không khí vùng làm việc - Yêu cầu về điều kiện làm việc và phương pháp đo (2009).
- [5]. ANSI/ASHRAE Standard 55, Thermal Environment Conditions for Human Occupancy (2013).
- [6]. S. Corgnati, R. Ansaldi, M. Filippi, Subjective and measured thermal comfort in Italian University classrooms in heated and free-running conditions. *In-house publishing*, Torino, Italy (2003).
- [7]. H.N. Wong, S.S. Khoo, Thermal comfort in classrooms in the tropics. *Energy and Building*, 35, 337–351 (2003).
- [8]. Y. Zhang, J. Wang, H. Chen, Q. Meng, R. Zhao, Thermal adaptation in built environment – a literature review, discussion and primary exploration. *Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort*, 9-11 April 2010, Cumberland Lodge, Windsor, UK (2010).