

MỨC TIỆN NGHI NHIỆT TRONG CÁC PHÒNG HỌC THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN Ở TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA – ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

THERMAL COMFORT SENSATION IN NATURALLY VENTILATED LECTURE ROOMS IN HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Nguyễn Quốc Ý, Lê Thanh Thuận, Phạm Hồ Mai Anh

Trường Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh; nguyenquocy@hcmut.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về mức tiện nghi nhiệt trong các phòng học được thông gió tự nhiên (có sử dụng quạt trần) ở các phòng học của Trường Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh. Các thông số của môi trường nhiệt bên trong phòng được đo đạc tại nhiều vị trí đồng thời với việc khảo sát cảm giác nhiệt của sinh viên theo thang cảm giác nhiệt của ASHRAE. Kết quả đo đạc và khảo sát được phân tích theo tỉ lệ bình chọn cảm giác nhiệt theo điều kiện môi trường nhiệt và giới tính. Kết quả cho thấy phần lớn sinh viên bình chọn môi trường nhiệt ở mức chấp nhận được, trong khi tỉ lệ sinh viên cảm thấy dễ chịu thấp hơn 50%. Sinh viên nữ có cảm giác nhiệt thiên về hướng nóng hơn sinh viên nam ở cùng điều kiện môi trường nhiệt. Nhiệt độ tiện nghi thu được từ tỉ lệ bình chọn trung bình là 30°C.

Từ khóa - tiện nghi nhiệt; phòng học; cảm giác nhiệt; TSV (Thermal Sensation Votes); nhiệt độ tổng hợp.

1. Giới thiệu

Tiện nghi nhiệt thể hiện mức độ dễ chịu của người sử dụng đối với môi trường nhiệt bên trong không gian sống hay làm việc. Cảm giác tiện nghi nhiệt phụ thuộc vào hai nhóm yếu tố chính: yếu tố môi trường nhiệt (như nhiệt độ không khí, bức xạ nhiệt từ các bề mặt xung quanh, tốc độ và độ ẩm không khí...) và các điều kiện chủ quan của người sử dụng (mức độ tỏa nhiệt do vận động, khả năng cách nhiệt của trang phục, đặc điểm sinh lý...). Do đó, việc đánh giá mức độ tiện nghi nhiệt của một không gian thường được tiến hành đồng thời cả hai việc song song: đo đạc các thông số môi trường nhiệt và khảo sát cảm nhận của người sử dụng [1].

Đối với các công trình thông gió tự nhiên, mức độ tiện nghi nhiệt thường được dự đoán thông qua yếu tố nhiệt độ môi trường và nhiệt độ tổng hợp bên trong không gian đó [1]. Nhiệt độ tổng hợp được tính theo công thức:

$$t_{op} = \frac{h_c t_a + h_r t_{mrt}}{h_c + h_r} \quad (1)$$

Trong đó, $h_r = 4,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$ là hệ số truyền nhiệt bức xạ trong phòng, h_c là hệ số truyền nhiệt đối lưu được tính theo trường hợp người ngồi (được lấy theo Bảng 9.6, ASHREA Fundamentals Handbooks [2]), t_a và t_{mrt} lần lượt là nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình từ các bề mặt trong phòng. Hai hệ số h_r và h_c cần phải được xác định cho từng trường hợp không gian và đối tượng khảo sát cụ thể. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng cách tính h_r và h_c của nghiên cứu trước [2] do có cùng điều kiện khảo sát.

Tiện nghi nhiệt trong các phòng học được thông gió tự nhiên thu hút sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu gần đây, đặc biệt là ở các nước có khí hậu nhiệt đới [3, 4, 5]. Đối tượng nghiên cứu là học sinh [3] và sinh viên [4, 5]. Trong các nghiên cứu này, các thông số của môi trường

Abstract - In this paper, a study on thermal comfort conditions in classrooms in Ho Chi Minh City University of Technology is presented. Parameters of thermal environment inside the classrooms are measured at many locations in each room. Meanwhile, survey on thermal sensation is conducted with questions following ASHRAE sensation scale. The measured and surveyed data is then analyzed to find relationships between voted thermal sensation and the parameters of the thermal environment. The results show that most students find the thermal comfort conditions at acceptable level while less than 50% of students feel comfortable. Female students feel hotter than the male ones at the same thermal conditions. Neutral operative temperature found from the votes is 30°C.

Key words - thermal comfort; lecture rooms; thermal sensation; TSV (Thermal Sensation Votes); operative temperature.

nhiệt được đo ở nhiều vị trí trong lớp học. Cảm giác nhiệt được khảo sát dựa theo thang cảm giác nhiệt của ASHRAE với 7 mức độ: rất lạnh (cold), lạnh (cool), hơi lạnh (slightly cool), dễ chịu (neutral), hơi nóng (slightly warm), nóng (warm), và rất nóng (hot). Kết quả của các nghiên cứu này cho thấy nhiệt độ tổng hợp cho cảm giác nhiệt dễ chịu trong các phòng học được thông gió tự nhiên luôn cao hơn điều kiện đề xuất cho các không gian được điều hòa không khí của ASHRAE [1]. Nhiệt độ tổng hợp tiện nghi thay đổi từ 28,1°C [5], 28,8°C [3] và 29,5°C [4].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đo đạc và khảo sát mức tiện nghi nhiệt trong các phòng học ở Trường Đại học Bách khoa thuộc Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh (HCMUT) với mục đích chính là đánh giá mức tiện nghi nhiệt trong các phòng học của Trường và mức cảm giác nhiệt của sinh viên theo các điều kiện môi trường nhiệt ở thành phố Hồ Chí Minh. Nghiên cứu của nhóm tác giả tương tự như nghiên cứu của Nguyễn và Lê [5] cho các phòng học của Đại học Đà Nẵng. Tuy nhiên, điều kiện thời tiết ở thành phố Hồ Chí Minh ít nóng nhưng ẩm hơn ở Đà Nẵng. Do vậy, qua nghiên cứu, nhóm tác giả cũng muốn so sánh mức cảm giác nhiệt của sinh viên ở hai thành phố này.

2. Phương pháp đo đạc và khảo sát

2.1. Phòng học được khảo sát

Nghiên cứu được tiến hành từ tháng 9 đến tháng 11 năm 2017 trong các phòng học ở cả hai cơ sở của HCMUT. Tổng cộng có 09 phòng học được khảo sát, bao gồm 04 phòng ở Cơ sở 1 và 05 phòng ở Cơ sở 2, như trên Bảng 1. Các phòng học có hai hướng chính là Tây Bắc – Đông Nam và Đông – Tây và đều ở các tầng giữa của các tòa nhà. Chỉ có 03 phòng học ở Cơ sở 1 được che chắn hoàn toàn bởi cây xanh xung quanh. Các phòng còn lại hoàn toàn không được cây xanh che chắn.

Bảng 1. Đặc điểm chính của các phòng học được khảo sát

Phòng	Hướng	Cây xanh che chắn xung quanh
<i>Cơ sở 1 (Quận 10, Thành phố Hồ Chí Minh)</i>		
303B1, 313B1	Tây Bắc – Đông Nam	Có
202B6	Đông - Tây	Có
401C4	Đông - Tây	Không
<i>Cơ sở 2 (Quận Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh)</i>		
206H6, 113H6, 311H6	Tây Bắc – Đông Nam	Không
202H2, 301H2	Tây Bắc – Đông Nam	Không

2.2. Phương pháp đo đạc

Các thông số của môi trường nhiệt được đo tại nhiều vị trí phân bố đều trong phòng học, như trên Hình 1. Tùy theo kích thước phòng và phân bố sinh viên trong phòng, số điểm đo thay đổi từ 2 đến 7. Các thông số đo đạc bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình từ các bề mặt trong phòng. Thiết bị đo là bộ thiết bị đo tiện nghi nhiệt chuyên dụng Testo 480. Các thông số của thiết bị đo được trình bày trên Bảng 2.

Thời gian đo trong ngày từ khoảng 10 giờ sáng đến 16 giờ chiều. Trong mỗi phòng học, nhiệt độ bức xạ trung bình t_{mrt} được đo ở vị trí giữa phòng sau khi thiết bị được đặt tại vị trí đó hơn 30 phút, khoảng thời gian đủ để có được giá trị đo ổn định. Các thông số khác được đo ở từng vị trí được xác định trước và được tính trung bình trong khoảng thời gian từ 3 đến 5 phút, theo [1]. Ở mỗi vị trí đo, các cảm biến được đặt ở độ cao ngang mặt bàn, tương ứng với độ cao đo phù hợp với hoạt động ngồi học của sinh viên trong lớp học [1].

Hình 2 cho thấy thiết bị đo ở hiện trường.

Bảng 2. Thông số thiết bị đo

Thông số đo	Khoảng đo; Độ phân giải; Độ chính xác
Nhiệt độ không khí t_a (°C)	0 – 50°C; 0,1°C; 0,5°C
Nhiệt độ bức xạ trung bình từ các bề mặt t_{mrt} (°C)	0°C - 120°C; 0,1°C; 1,0°C
Tốc độ gió v (m/s)	0-5,0 m/s; 0,03 m/s; 0,01 m/s
Độ ẩm không khí RH (%)	0 – 100%; 0,1%; 1,8%

2.3. Phương pháp khảo sát

Phiếu khảo sát nhằm thu thập thông tin về cảm giác nhiệt của sinh viên trong các phòng học song song với việc đo đạc. Nội dung của phiếu khảo sát dựa trên mẫu của ASHRAE [1] và của các nghiên cứu trước đây [3, 4, 5]. Các thông tin cơ bản bao gồm: giới tính, tuổi, cân nặng, vị trí ngồi trong lớp học và trang phục. Các thông tin về cảm giác nhiệt bao gồm: (1) Cảm giác chung về môi trường nhiệt theo thang đo ASHRAE [1]; (2) Lựa chọn cảm giác thoải mái hay không thoải mái; (3) Cảm giác về tốc độ gió, độ ẩm; (4) Lựa chọn yêu thích về chỗ ngồi, giờ học, phòng học... Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung vào việc phân tích hai thông tin đầu tiên trên phiếu khảo sát, như trên Hình 3.

Phiếu khảo sát được phát cho sinh viên sau khi đã ổn

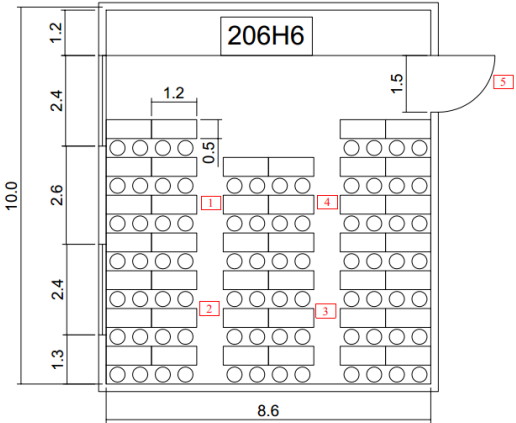
định trong lớp học được hơn 15 phút. Điều này giúp hạn chế tối đa ảnh hưởng của các hoạt động thể chất trước đó lên cảm giác nhiệt của sinh viên trong phòng học. Trong quá trình đo đạc và khảo sát, các hoạt động dạy và học trên lớp vẫn diễn ra như bình thường.

Trong các phòng học được khảo sát, phương pháp giảng dạy chủ yếu là thuyết giảng với máy chiếu và bảng phấn. Sinh viên hoạt động chủ yếu ở trạng thái ngồi. Sinh viên cũng được tự do lựa chọn trang phục và các hoạt động điều chỉnh để thích ứng với môi trường nhiệt: lựa chọn chỗ ngồi, đóng hay mở cửa sổ, tắt mở quạt hay điều chỉnh tốc độ quay của quạt. Các hoạt động này diễn ra vào trước giờ học và không thay đổi trong suốt thời gian học.

Tổng số mẫu khảo sát là 463 sinh viên, trong đó tỉ lệ nữ chiếm gần 10%. Trong các phòng học được khảo sát, không có phòng học nào có ít hơn 30 sinh viên. Số mẫu này tương đương với số mẫu của Wong và Khoo [3] và của Mishra và Rampogal [4], nhưng ít hơn số mẫu của Nguyễn và Lê [5]. Độ tuổi khảo sát nằm trong khoảng 18 đến 24, trong đó chủ yếu là từ 19 đến 21 tuổi, với tỉ lệ 92,5%.

Bảng 3. Thống kê giới tính mẫu khảo sát

Giới tính	Số người	Tỉ lệ (%)
Nam	417	90,06
Nữ	46	9,94
Tổng	463	100,00



Hình 1. Vị trí đo trong phòng học 202H6. 1-4: vị trí đo tốc độ, nhiệt độ và độ ẩm không khí; 5: vị trí đo nhiệt độ ngoài phòng. Nhiệt độ bức xạ trung bình từ các bề mặt được đo ở giữa phòng



Hình 2. Hình ảnh thiết bị đo tại hiện trường

1. Bạn cảm thấy nhiệt độ hiện tại như thế nào?

☐ Rất lạnh ☐ Lạnh ☐ Hơi lạnh ☐ Dễ chịu ☐ Hơi nóng ☐ Nóng ☐ Rất nóng

2. Bạn có thoải mái với nhiệt độ hiện tại trong phòng?

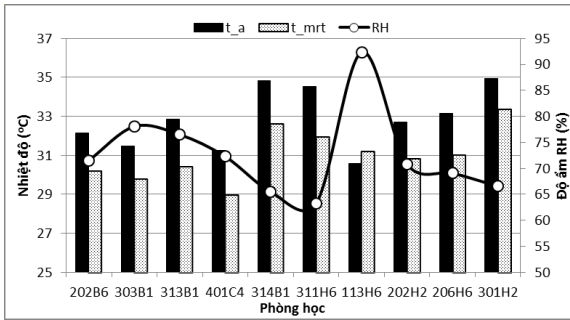
☐ Thoải mái ☐ Không thoải mái

Hình 3. Hai câu hỏi chính trong bảng khảo sát

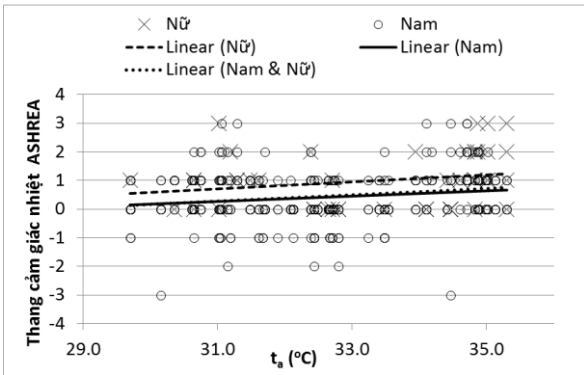
3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả đo đạc và khảo sát

Kết quả đo các thông số của môi trường nhiệt được thể hiện trên Hình 4. Nhiệt độ không khí trung bình t_a trong các phòng học thay đổi từ 30,6°C đến 34,8°C với giá trị trung bình bằng 32,8°C. Nhiệt độ bức xạ trung bình t_{mrt} thay đổi từ 29,0°C đến 33,4°C. Nhiệt độ t_{mrt} luôn thấp hơn nhiệt độ t_a trong hầu hết các phòng học, trừ phòng 113H6 ở Cơ sở 2. Độ ẩm tương đối của không khí trong các phòng học thay đổi từ 63% đến 78% với một trường hợp đặc biệt ở phòng 113H6 (RH = 92%). Tốc độ không khí (không được thể hiện trên Hình 4) trong các phòng học chủ yếu nằm trong khoảng từ 0,35 m/s đến 1,0 m/s.



Hình 4. Giá trị trung bình của nhiệt độ không khí t_a , nhiệt độ bức xạ trung bình t_{mrt} , và độ ẩm không khí RH trong các phòng học được khảo sát



Hình 5. Giá trị bình chọn cảm giác nhiệt theo nhiệt độ không khí t_a

Hình 5 cho thấy kết quả bình chọn cảm giác nhiệt theo thang ASHRAE (Câu hỏi số 1 trên Hình 3) được thể hiện theo nhiệt độ không khí. Kết quả được thể hiện cho hai nhóm giới tính: nam và nữ. Mỗi điểm tương ứng với một phiếu bình chọn hợp lệ. Thang cảm giác nhiệt ASHRAE được thể hiện trên Bảng 4.

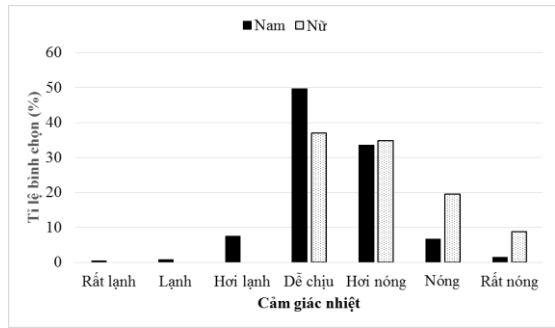
Bảng 4. Thang cảm giác nhiệt ASHRAE

Cảm giác	Rất lạnh	Lạnh	Hơi lạnh	Dễ chịu	Hơi nóng	Nóng	Rất nóng
Chỉ số	-3	-2	-1	0	1	2	3

Hình 5 cho thấy trong khoảng nhiệt độ không khí khảo sát (dưới 30°C đến trên 35°C), phần lớn số phiếu bình chọn nằm ở hai mức dễ chịu và hơi nóng. Tỷ lệ bình chọn điều kiện dễ chịu tăng lên khi nhiệt độ không khí giảm. Đặc biệt, đường hồi quy tuyến tính cho số liệu của hai nhóm giới tính cho thấy ở cùng nhiệt độ không khí, sinh viên nữ có xu hướng bình chọn cảm giác nhiệt luôn ở mức nóng hơn so với sinh viên nam. Chênh lệch của chỉ số cảm giác nhiệt của hai nhóm nữ - nam vào khoảng +0,5.

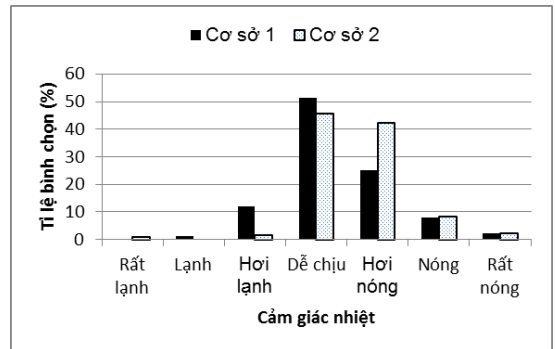
Hình 6 thể hiện tỷ lệ bình chọn cho từng mức cảm giác nhiệt của hai nhóm sinh viên nam và nữ từ số liệu trên Hình 5. Đối với sinh viên nam, khoảng 50% cảm thấy dễ chịu và khoảng 35% cảm thấy hơi nóng. Đối với sinh viên nữ, 100% phiếu bình chọn nằm trong khoảng dễ chịu đến rất nóng, với khoảng 35% cảm thấy dễ chịu và 35% cảm thấy hơi nóng.

Như vậy, nếu xem khoảng cảm giác nhiệt trong khoảng [hơi lạnh: hơi nóng] là chấp nhận được [3, 4] thì 90% sinh viên nam và 70% sinh viên nữ cảm thấy điều kiện môi trường nhiệt trong các phòng học là chấp nhận được. Tỷ lệ này trong nghiên cứu của Wong và Khoo [3] là 56,7%.



Hình 6. Tỷ lệ bình chọn cho từng mức cảm giác nhiệt theo giới tính

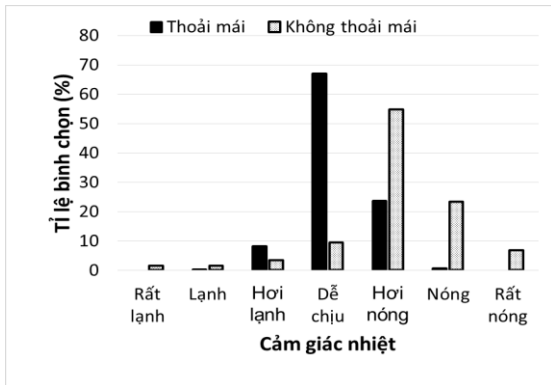
Hình 7 cho thấy tỷ lệ bình chọn tương ứng với từng mức cảm giác nhiệt cho từng cơ sở của HCMUT. Kết quả cho thấy sinh viên ở Cơ sở 2 có xu hướng cảm thấy nóng hơn sinh viên ở Cơ sở 1. Điều này có thể được giải thích dựa trên đặc điểm của phòng học hai cơ sở (Bảng 1) và kết quả đo nhiệt độ trên Hình 4. Nhiệt độ không khí trung bình trong các phòng học ở Cơ sở 1 là 32,5°C trong khi ở Cơ sở 2 là 33,2°C. Nhiệt độ bức xạ trung bình ở Cơ sở 1 là 30,4°C trong khi ở Cơ sở 2 là 31,7°C. Điều này cũng do một phần là các phòng học ở Cơ sở 2 không được cây xanh che chắn. Tuy nhiên, tỷ lệ bình chọn trong mức chấp nhận được đều hơn 80% cho cả hai cơ sở (88,7% cho Cơ sở 1 và 88,8% cho Cơ sở 2).



Hình 7. Tỷ lệ bình chọn cho từng mức cảm giác nhiệt cho hai cơ sở của HCMUT

Tỉ lệ cho hai mức bình chọn trực tiếp: Thoải mái và Không thoải mái (Câu hỏi số 2 trên Hình 3) được thể hiện trên Hình 8 cho các bình chọn ở từng mức cảm giác nhiệt theo thang đo ASHRAE. 67% cảm thấy thoải mái ở mức Dễ chịu trong khi tỉ lệ này là 8,3% ở mức Hơi lạnh và 23,6% ở mức Nóng. 84,7% sinh viên lựa chọn mức Không thoải mái phân bố ở mức cảm giác nhiệt từ Hơi nóng đến Rất nóng với 54,7% ở mức Hơi nóng.

Kết quả trên Hình 8 cho thấy phần lớn sinh viên chỉ cảm thấy Thoải mái ở mức Dễ chịu trong khi ở mức Hơi nóng – được xem là chấp nhận được [3, 4] – được phần đông cảm nhận là Không thoải mái.



Hình 8. Tỉ lệ bình chọn “thoải mái” và “không thoải mái”

3.2. Phân tích mức tiện nghi nhiệt theo ASHRAE 55 và theo mức bình chọn trung bình TSV

Trong phần này, kết quả khảo sát được so sánh với một trong những mô hình dự đoán cảm giác nhiệt được sử dụng phổ biến nhất hiện nay, mô hình PMV (Predicted Mean Vote) [1, 2]. Mô hình PMV sử dụng các mô hình toán cho điều kiện cân bằng nhiệt của người sử dụng trong một môi trường nhiệt nào đó và sử dụng các thông số môi trường nhiệt (04 thông số mà nhóm tác giả đã đo đạc) cùng với hai thông số chủ quan chính là mức độ vận động (chỉ số *met*) và nhiệt trở của trang phục (chỉ số *clo*). Trong các phòng học, sinh viên hoạt động chủ yếu ở tư thế ngồi nên chỉ số *met* = 1,2 [1, 2]. Trang phục được sử dụng chủ yếu là quần tây hay quần jeans và áo phông hay áo sơ mi nên chỉ số *clo* ≈ 0,5. Chỉ số *clo* được tính cho từng mẫu khảo sát.

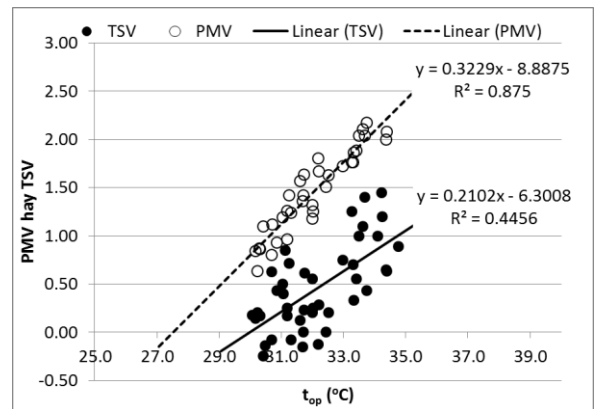
Chỉ số bình chọn cảm giác nhiệt trung bình TSV được tính bằng giá trị trung bình của các phiếu bình chọn cảm giác nhiệt trên Hình 5:

$$TSV = \frac{\sum_{i=1}^N V_i \times n_i}{N} \quad (2)$$

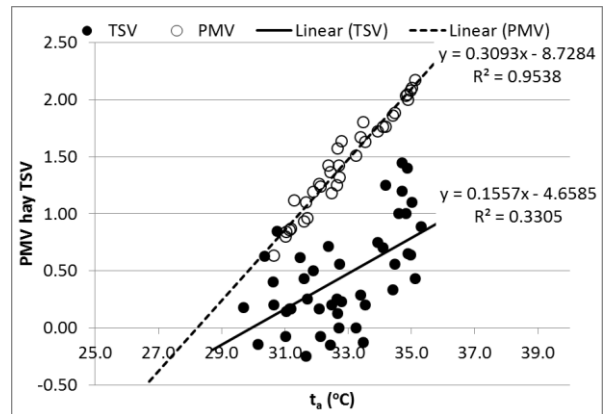
Trong đó, N là tổng số mẫu, n_i là số người bình chọn chỉ số cảm giác nhiệt V_i theo Bảng 4.

Hình 9 và 10 cho thấy chỉ số PMV và TSV tại các vị trí khảo sát trong các phòng học theo nhiệt độ tổng hợp và nhiệt độ không khí. Mỗi điểm số liệu tương ứng với một vị trí khảo sát trong phòng. Kết quả cho thấy, cả hai chỉ số PMV và TSV đều tăng theo nhiệt độ với đường hồi quy tuyến tính có giá trị R^2 khá tốt, tương tự như các nghiên cứu trước [3, 4, 5]. Tuy nhiên, ở cùng mức nhiệt độ, mô hình PMV luôn dự đoán cảm giác nhiệt ở mức nóng hơn so với TSV. Do đó, nhiệt độ trung tính từ mô hình PMV cũng thấp hơn. Nhiệt độ trung tính từ mô hình TSV là 30°C cho

nhệt độ tổng hợp và 29,9°C cho nhiệt độ không khí. Kết quả này khá gần với các kết quả trước [3, 4]. Tuy nhiên, so với kết quả nghiên cứu ở Đà Nẵng [5], nhiệt độ trung tính của nhóm tác giả cao hơn 1,9°C. Nhóm tác giả chưa rõ nguyên nhân của sự khác biệt này nên cần nghiên cứu thêm.

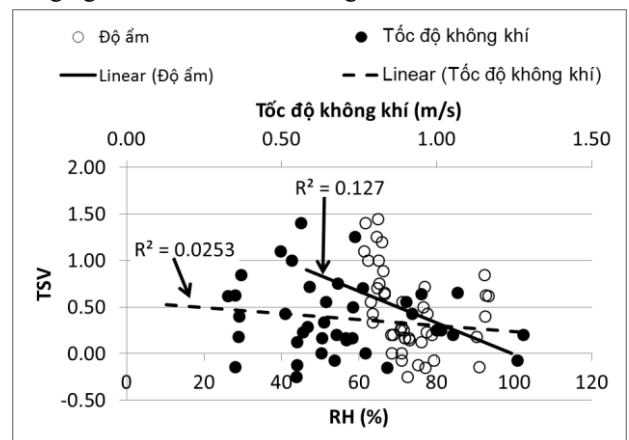


Hình 9. Giá trị PMV và TSV tại các vị trí khảo sát trong các phòng học theo nhiệt độ tổng hợp



Hình 10. Giá trị PMV và TSV tại các vị trí khảo sát trong các phòng học theo nhiệt độ không khí

Do mô hình PMV được cho là thích hợp đối với môi trường được điều hòa không khí, nhiệt độ tiện nghi của mô hình này luôn thấp hơn từ kết quả khảo sát TSV [3]. Tương tự như nghiên cứu của Wong và Khoo [3], mô hình PMV không thể được sử dụng để dự đoán kết quả khảo sát TSV trong nghiên cứu của nhóm tác giả.



Hình 11. Giá trị TSV theo độ ẩm và tốc độ không khí trong phòng

Nhóm tác giả cũng thử tìm mối liên hệ giữa giá trị TSV và hai thông số còn lại của môi trường nhiệt: độ ẩm và tốc độ không khí trong phòng. Kết quả được thể hiện trên Hình 11. Mỗi điểm số liệu cũng tương ứng với một vị trí khảo sát trong phòng. Sự phân bố ngẫu nhiên của các điểm số liệu theo cả độ ẩm và tốc độ không khí cho thấy không có mối liên hệ rõ ràng giữa giá trị TSV và hai thông số đó.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đo đạc các thông số môi trường nhiệt và khảo sát cảm giác nhiệt của sinh viên trong các phòng học được thông gió tự nhiên ở Trường Đại học Bách khoa – Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu cho thấy phần lớn sinh viên cảm thấy dễ chịu đến rất nóng, với gần 50% sinh viên nam và 35% sinh viên nữ cảm thấy dễ chịu. Tỷ lệ sinh viên có cảm giác nhiệt trong khoảng chấp nhận được là 90% đối với nam và 70% đối với nữ. Nhiệt độ tiện nghi theo tỷ lệ bình chọn trung bình TSV là 30°C đối với nhiệt độ tổng hợp và 29,9°C đối với nhiệt độ không khí. Giá trị này cao hơn kết quả nghiên cứu ở Đà Nẵng [5] nhưng khá gần với kết quả nghiên cứu ở Singapore [3] và Ấn Độ [4]. Nhóm tác giả cũng không tìm được mối liên hệ giữa giá trị TSV với độ ẩm và tốc độ không khí trong phòng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh mã số **T-KTXD-2017-79**. Các tác giả cảm ơn sinh viên lớp PFIEV 2014 (Nguyễn Thành Danh, Nguyễn Mai Hoàng Thiện, Lê Chí Toàn) đã hỗ trợ việc khảo sát.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASHRAE, *ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2013.
- [2] ASHRAE, *2009 ASHRAE Handbook: Fundamentals*, SI ed., American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2009.
- [3] N. H. Wong, & S. S. Khoo, “Thermal Comfort in Classrooms in the Tropics”, *Energy and Buildings*, 35(4), 2003, pp. 337–351.
- [4] A. K. Mishra, & M. Ramgopal, “A Thermal Comfort Field Study of Naturally Ventilated Classrooms in Kharagpur, India”, *Building and Environment*, 92, 2015, pp. 396–406.
- [5] A. T. Nguyen, & T. K. D. Le, “Tiện nghi nhiệt trong một số giảng đường thông gió tự nhiên”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, Số 1 (86), 2015, trang 84-88.
- [6] S. A. Zaki, S. A. Damiani, H. B. Rijal, A. Hagishima, & A. Abd Razak, “Adaptive Thermal Comfort in University Classrooms in Malaysia and Japan”, *Building and Environment*, 122, 2017, pp. 294–306.

(BBT nhận bài: 16/3/2018, hoàn tất thủ tục phản biện: 03/4/2018)