

VÙNG TIỆN NGHI THEO TIÊU CHUẨN MỸ VÀ CHÂU ÂU

THERMAL COMFORT ZONE ACCORDING TO AMERICAN AND EUROPEAN STANDARD

GS.TS. Nguyễn Đức Lợi, ĐHBK Hà Nội

Bài báo giới thiệu những nội dung cơ bản, hiện hành về vùng tiện nghi của ASHRAE (Mỹ), tiêu chuẩn Châu Âu EN15251-2007 và các nội dung có liên quan của TCVN 5687:2010 để có thể so sánh và nghiên cứu áp dụng trong điều kiện Việt Nam. Đây cũng là gợi ý cho việc sửa đổi, soát xét TCVN 5687:2010 cho phù hợp với thể giới trong tương lai.

1. MỞ ĐẦU

Cách đây hơn một thế kỷ, kỹ thuật điều hòa không khí (ĐHKK) đã bắt đầu phát triển ở các nước Châu Âu, và đặc biệt là Mỹ. Các nghiên cứu về vi khí hậu trong nhà cũng phát triển theo, vì điều kiện vi khí hậu là các thông số cần thiết nhất ngoài thông số khí hậu để thiết kế hệ thống ĐHKK. Nó chính là mục tiêu cần đạt được khi vận hành hệ thống ĐHKK khi điều kiện khí hậu bên ngoài thay đổi.

Trước hết điều kiện vi khí hậu trong nhà là các thông số thiết kế cơ bản như nhiệt độ không khí, tốc độ gió, độ ẩm tương đối của không khí. Sau đó là các nghiên cứu về chất lượng không khí trong nhà như các tạp chất trong không khí, lưu lượng khí tươi, độ sạch không khí yêu cầu cho phòng hòa nhạc, nhà hát, rạp chiếu phim, vũ trường và công nghệ sản xuất chè, thuốc lá, đồ gỗ, cơ khí chính xác, quang học, hóa chất, in ấn (đặc biệt in màu), sản xuất thuốc, sản xuất vacxin, sợi dệt, tiếp sau đó là đến các thông số thiết kế đặc biệt như mức tiếng ồn, hiệu suất giữa không gian điều hòa và chung quanh (phòng áp dương hoặc áp âm đặc biệt áp dụng trong y tế).

Nói chung, các nội dung nghiên cứu ở nước ngoài về vi khí hậu là rất đa dạng và phong phú. Tuy nhiên nội dung chủ yếu vẫn là nghiên cứu về mức độ tỏa nhiệt của cơ thể con người cũng như trao đổi nhiệt ẩm của cơ thể con người ở các trạng thái làm việc khác nhau với môi trường chung quanh và phương pháp đánh giá mức độ tiện nghi nhiệt sao cho là dễ chịu nhất.

Điều kiện tiện nghi này có thay đổi tùy theo từng dân tộc (ví dụ: người eskimô, người Bắc Âu, người châu Phi...), theo từng vùng (hàn đới, ôn đới, nhiệt đới...), theo lứa tuổi (người già, trưởng thành, trẻ em), tình trạng sức khỏe (khỏe mạnh hay ốm yếu bệnh tật), theo thông số hình học cơ thể (người béo, người gầy, người to lớn, người nhỏ bé ví dụ người nhỏ bé có tỷ lệ diện tích da trên khối lượng cơ thể lớn nên tỏa nhiệt dễ dàng hơn và chịu nóng dễ dàng hơn) v.v. Sau này, theo yêu cầu của các công nghệ sản xuất khác nhau

người ta nghiên cứu các điều kiện vi khí hậu để đáp ứng những công nghệ để đảm bảo đạt được chất lượng sản phẩm tốt nhất. Khi đó điều kiện vi khí hậu cho con người lại chỉ là phụ [1-4].

Hầu hết các nghiên cứu quan trọng nhất trên thế giới đều bao hàm trong tiện nghi vi khí hậu của ASHRAE của Mỹ và tiêu chuẩn Châu Âu EN15251-2007. Ở đây chúng tôi cũng giới thiệu các nội dung có liên quan đến TCVN 5687:2010 để có thể so sánh. Đây cũng là gợi ý cho việc sửa đổi, soát xét TCVN 5687:2010 cho phù hợp với thể giới trong tương lai.

2. VÙNG TIỆN NGHI NHIỆT CỦA ASHRAE

Tiện nghi nhiệt được định nghĩa là thang cảm giác nhiệt của cơ thể con người ứng với cảm giác từ lạnh đến nóng theo thang 7 bậc, theo phiếu đánh giá của những người tham gia thử nghiệm trong phòng điều hòa, như sau:

-3	Lạnh
-2	Hơi lạnh
-1	Mát
0	Trung bình
+1	Ấm
+2	Hơi nóng
+3	Nóng

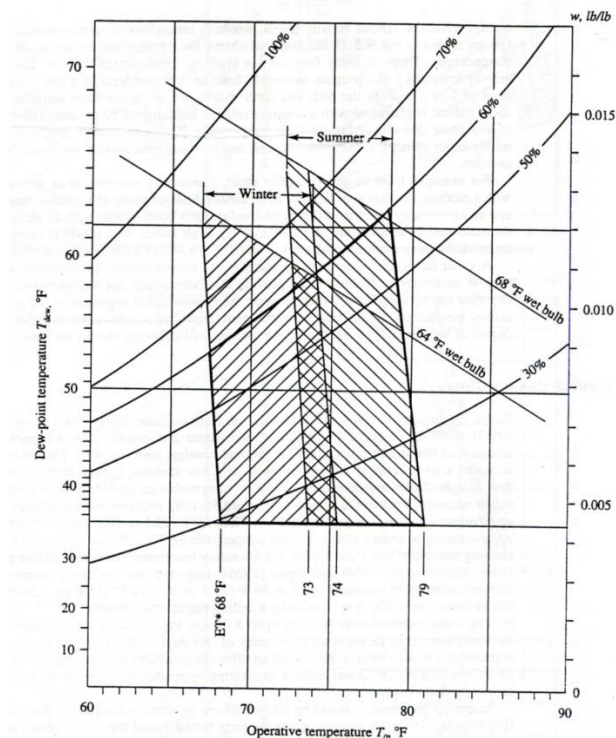
Có nghiên cứu đề nghị thang 9 bậc từ -4 (rất lạnh) đến +4 (rất nóng) nhưng ít được sử dụng nên không giới thiệu ở đây. Dựa trên các nghiên cứu ở Trường Đại học Quốc Gia Kansas và một số viện nghiên cứu khác, ANSI/ASHRAE Standard 55 đã đưa ra vùng tiện nghi mùa đông và mùa hè để nhà thiết kế có thể lựa chọn các thông số vi khí hậu thích hợp khi thiết kế hệ thống điều hòa không khí (Hình 1).

Đồ thị vùng tiện nghi này là dựa trên cơ sở tỏa nhiệt của người metabolism 1,2 met (69,8 W/m²) (xem Bảng 3), mặc quần áo nhẹ, quần chùng, sơ mi cộc tay 0,5 clo (clo là đơn vị tính đến độ dày quần áo hoặc độ cách nhiệt do quần áo gây ra, xem Hình 5), tốc độ gió rất thấp. ANSI/ASHRAE Standard 55 khuyến dùng như giới hạn trên của nhiệt độ hiệu quả (effective boundary temperature) $ET^* = 22,5 + 26^{\circ}\text{C}$ ở nhiệt độ ướt 20°C và nhiệt độ đọng sương là 2,2°C. Khi mặc

quần áo có độ cách nhiệt cao hơn cứ 0,1 clo thì nhiệt độ lại nên giảm xuống 0,6°C.

Vùng tiện nghi mùa đông dựa trên cơ sở quần áo ấm 0,9 clo và vận tốc gió nhỏ hơn 0,15 m/s là từ 20 ÷ 23,3°C (68 ÷ 74°F) ET* (nhiệt độ hiệu quả), nhiệt độ đọng sương là 2,2°C (36°F). Có khoảng 75 đến 89% số người cho rằng các điều kiện vi khí hậu đó là phù hợp.

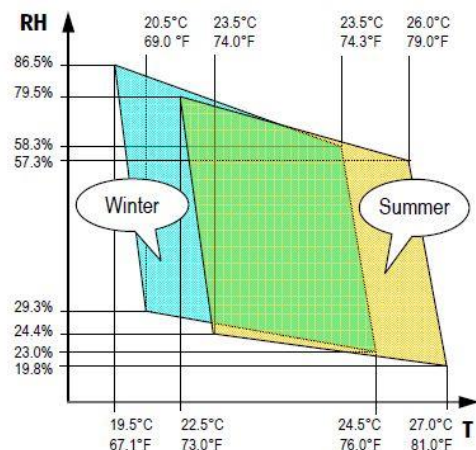
Hình 1 giới thiệu vùng tiện nghi của ASHRAE theo nhiệt độ đọng sương và nhiệt độ vận hành theo °F trên ẩm đồ t-d.



Hình 1. Vùng tiện nghi theo ASHRAE trên ẩm đồ t-d

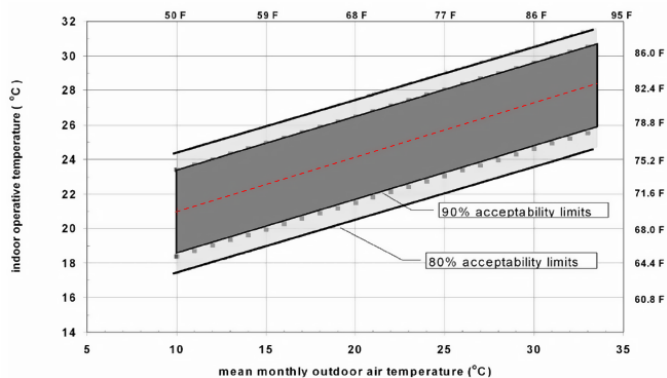
Để có thể trực quan hơn, người ta biểu diễn vùng tiện nghi theo độ ẩm tương đối và nhiệt độ phòng. Hình 2 giới thiệu đồ thị vùng tiện nghi theo độ ẩm và nhiệt độ phòng. Cặp nhiệt độ/ độ ẩm mùa hè cao có thể tới 27°C/19,8% và thấp 22,5°C/79,5%. Mùa đông cao 24,5°C/23,0% và thấp 19,5°C/86,5%.

Đối với người Việt nam, các giới hạn dưới về độ ẩm trong tiêu chuẩn này có thể là quá thấp vì ngay ở độ ẩm 40%, nhiều người da đã bị nứt nẻ và bắt đầu có những tổn thương ở cơ quan hô hấp, dễ bị chảy máu cam.



Hình 2. Vùng tiện nghi theo độ ẩm và nhiệt độ phòng

Mô hình mới nhất của ASHRAE Standard 55:2010 là vùng tiện nghi theo nhiệt độ trong phòng và nhiệt độ trung bình tháng ngoài trời. Ở đây xác định hai khu vực thoải mái: 80% và 90% số người chấp nhận là thoải mái. Vùng 80% là giới hạn bởi 2 đường chéo trên cùng và dưới cùng. Vùng 90% là vùng có màu ghi với nhiệt độ trung bình nằm ở giữa. Nếu không có nhiệt độ ngoài trời trung bình hàng tháng thì có thể lấy nhiệt độ trung bình của 30 ngày là được. Đồ thị này chỉ giới hạn cho nhiệt độ trung bình tháng từ 10°C ÷ 35°C. Không áp dụng cho nhiệt độ trung bình tháng thấp hơn 10°C và cao hơn 35°C.



Hình 3. Vùng tiện nghi theo nhiệt độ vận hành trong phòng và nhiệt độ trung bình tháng (ASHRAE Standard 55-2010)

Đường trung tâm của mô hình (thể hiện bằng màu đỏ), hoặc nhiệt độ an toàn, được định nghĩa là:

$$T_{ot} = 0,31 \cdot T_o + 17,8 \quad (1)$$

Trong đó:

T_{ot} - Nhiệt độ vận hành (operating temperature), °C, được tính là trung bình của nhiệt độ bầu khô

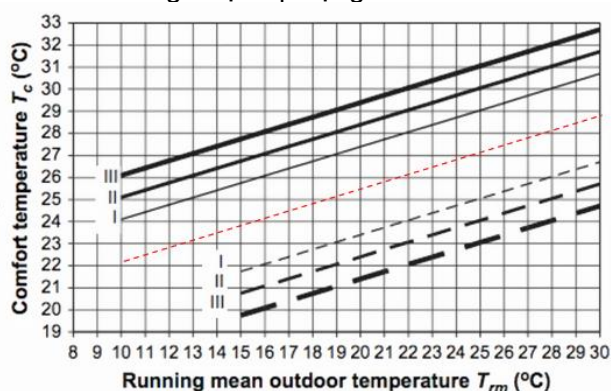
của không khí trong nhà và nhiệt độ bức xạ trung bình của các bề mặt bên trong nhà;

T_o - Nhiệt độ không khí trung bình hàng tháng (mean monthly outdoor air temperature) của không khí khô, °C.

3. VÙNG TIỆN NGHI THEO TIÊU CHUẨN CHÂU ÂU EN 15251-2007

EN15251-2007 tương tự như ASHRAE 55:2010, nhưng với các đường giới hạn khác nhau chút ít về nhiệt độ trong nhà và phần trăm số người đồng ý hay chấp nhận được (Hình 4). Mô hình này được sử dụng trong các tòa nhà thông gió tự nhiên xác định theo% số người chấp nhận (đồng ý với điều kiện vi khí hậu thử nghiệm là thoải mái) của điều kiện vi khí hậu với nhiệt độ ngoài trời trung bình của 7 ngày liên tiếp và nhiệt độ trong nhà. Nhiệt độ không khí trung bình của 7 ngày (T_{rm}) được định nghĩa là trung bình cộng của 7 nhiệt độ trung bình của 7 ngày trước đó.

Nhiệt độ trung bình này, tính từ một tập thời tiết đầy đủ hàng năm phải được chỉ định cho mô phỏng. Nó được sử dụng như là một chỉ số thích nghi với người sử dụng trong điều kiện ngoài trời, và xác định theo% số người chấp nhận (đồng ý) với điều kiện trong nhà. Mô hình cũng cho thấy sự thích nghi của quần áo trong không gian có điều kiện tự nhiên, liên quan đến phạm vi nhiệt độ trong nhà (được chấp nhận) với khí hậu ngoài trời. Vì vậy không cần ước tính giá trị quần áo cho không gian. Cũng không yêu cầu độ ẩm hoặc giới hạn tốc độ không khí. Mô hình này xác định ba vùng tiện nghi: Loại I (90% chấp nhận), Loại II (80% chấp nhận), và Loại III (65% chấp nhận). Nếu T_{rm} không nằm trong miền được chỉ định thì mô hình không được áp dụng.



Hình 4. Vùng tiện nghi theo CEN EN15251-2007
(T_c – Nhiệt độ tiện nghi (comfort temperature);
 T_{rm} – Nhiệt độ ngoài trời trung bình cho bảy ngày liên tiếp (Running mean outdoor temperature))

Bảng 1. Vùng tiện nghi theo EN15251-2007

Tính toán các phạm vi nhiệt độ cho đồ thị Hình 4:

Đường trung tâm $T_{ot} = 0,33 \cdot T_o + 18,8$

Mức I, 90% chấp nhận: $T_{ot} = 0,33 \cdot T_o + 18,8 \pm 2,0$

Mức II, 80% chấp nhận: $T_{ot} = 0,33 \cdot T_o + 18,8 \pm 3,0$

Mức III, 65% chấp nhận: $T_{ot} = 0,33 \cdot T_o + 18,8 \pm 4,0$

Trong vùng nhiệt độ ngoài trời $10^\circ\text{C} < T_{rm} <$

15°C , giới hạn dưới vùng nhiệt độ tiện nghi $T_{comf} = 23,75^\circ\text{C}$, cho nên giới hạn dưới là không đổi đối với các mức tiện nghi trên là:

Mức I, 90% chấp nhận: $T_{ot} = 23,75 - 2,0$

Mức II, 80% chấp nhận: $T_{ot} = 23,75 - 3,0$

Mức III, 65% chấp nhận: $T_{ot} = 23,75 - 4,0$

Trong đó:

T_{ot} – Nhiệt độ vận hành, là trung bình của nhiệt độ khô trong nhà và nhiệt độ bức xạ trung bình của các bề mặt bao quanh, °C;

T_o – Nhiệt độ khô trung bình ngoài trời của 7 ngày liên tục, °C.

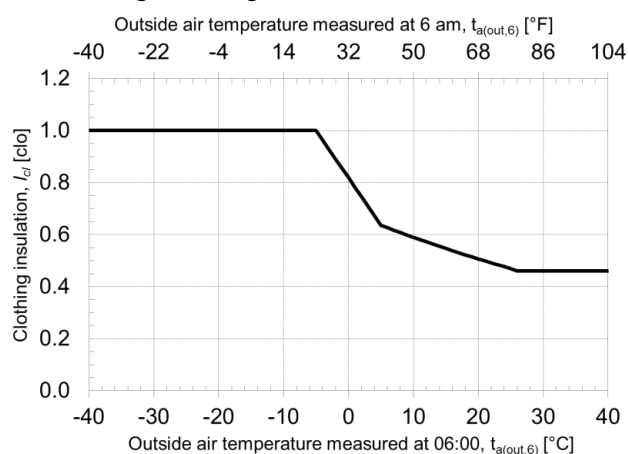
$$T_o = (1 - a) \cdot [T_{od-1} + a \cdot T_{od-2} + a^2 \cdot T_{od-3} + a^3 \cdot T_{od-4} + a^4 \cdot T_{od-5} + a^5 \cdot T_{od-6} + a^6 \cdot T_{od-7}] \quad (2)$$

$$T_o = (1 - a) \cdot T_{od-1} + a \cdot T_{o-1}$$

$$a = 0,8$$

Bảng 1 giới thiệu vùng tiện nghi theo EN15251-2007.

Hình 5 giới thiệu mô hình cách nhiệt dự báo năng động được triển khai vào chương trình tính EnergyPlus để mô phỏng năng lượng thực tế. Phụ lục A của ASHRAE 55 với mô hình quần áo đã được ủy ban ASHRAE phê duyệt và có thể được bao gồm trong ASHRAE 55 mới.



Hình 5. Mô hình cách nhiệt của quần áo dự báo năng động được triển khai vào EnergyPlus để mô phỏng năng lượng thực tế [4]

Mức tiện nghi	Nội dung
I	Mức tiện nghi cao dùng cho người nhạy cảm nhiệt và người đau yếu với các yêu cầu tiện nghi nhiệt đặc biệt như người tàn tật, người ốm, trẻ nhỏ và người già.
II	Mức tiện nghi trung bình dùng cho các tòa nhà mới xây hoặc mới cải tạo lại.
III	Mức tiện nghi chấp nhận được dùng cho các tòa nhà hiện có.
IV	Điều kiện vi khí hậu nằm ngoài các vùng tiện nghi. Các điều kiện khí hậu này chỉ được áp dụng trong một khoảng thời gian giới hạn trong năm.

4. VÙNG TIỆN NGHI CỦA TCVN 5687:2010

Bảng 2 giới thiệu vùng tiện nghi của TCVN 5687:2010 trong nhà mùa hè và đông (phụ lục A.1 [2]).

Bảng 2. Tiêu chuẩn vi khí hậu trong nhà theo TCVN 5687:2010

TT	Trạng thái lao động	Mùa đông			Mùa hè		
		Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	Độ ẩm tương đối $\phi, \%$	Vận tốc gió $v, \text{m/s}$	Nhiệt độ $t, ^\circ\text{C}$	Độ ẩm tương đối $\phi, \%$	Vận tốc gió $v, \text{m/s}$
1	Nghỉ ngơi tĩnh tại	từ 22 đến 24	từ 70 đến 60	từ 0,1 đến 0,2	từ 25 đến 28	từ 70 đến 60	từ 0,5 đến 0,6
2	Lao động nhẹ	từ 21 đến 23	từ 70 đến 60	từ 0,4 đến 0,5	từ 23 đến 26	từ 70 đến 60	từ 0,8 đến 1,0
3	Lao động vừa	từ 20 đến 22	từ 70 đến 60	từ 0,8 đến 1,0	từ 22 đến 25	từ 70 đến 60	từ 1,2 đến 1,5
4	Lao động nặng	từ 18 đến 20	từ 70 đến 60	từ 1,2 đến 1,5	từ 20 đến 23	từ 70 đến 60	từ 2,0 đến 2,5

Chú thích:

1) Có nhiều trạng thái lao động khác nhau với nhiệt tỏa từ người khác nhau. Trạng thái lao động ở bảng 2 là dựa theo nhiệt tỏa từ người Q_M cho ở bảng 3. Tỏa nhiệt từ người của các trạng thái lao động khác có thể tham khảo tài liệu khác để hiệu chỉnh các thông số vi khí hậu.

Bảng 3. Nhiệt tỏa từ người theo trạng thái lao động ở bảng 1

Trạng thái lao động	Nhiệt tỏa từ người Metabolism Q_M W	Nhiệt tỏa trung bình Q_M W
Nghỉ ngơi tĩnh tại	≤ 100	90
Lao động nhẹ	Từ 140 đến 175	160
Lao động vừa	Từ 175 đến 300	240
Lao động nặng	> 300	350

Ghi chú: Nhiệt tỏa từ người Metabolism là nhiệt sinh hóa do năng lượng từ nguồn dinh dưỡng mà cơ thể hấp thụ được để cung cấp cho mọi hoạt động của cơ thể và đảm bảo nhiệt độ cơ thể luôn duy trì ở khoảng 37°C . Đơn vị là met, 1 met = $58,2 \text{ W/m}^2$ bề mặt da. Nhiệt tỏa

trong một số hoạt động khác như sau: Ngủ 0,7 met; Nằm nghỉ 0,8 met; Ngồi nghỉ 1,0 met; Đứng nghỉ 1,2 met (= $69,8 \text{ W/m}^2$); Làm việc văn phòng 1,1 met; Đi bộ 4,3 km/h 2,6 met; Khiêu vũ 2,4 ÷ 4,4 met; Leo cầu thang 12,1 met... Nhiệt tỏa cho trong bảng trên là tính cho một người trưởng thành có chiều cao 1,8m, nặng 70 kg và diện tích bề mặt da khoảng $1,8 \text{ m}^2$. Nói cách khác, các con số ở trên là đã nhân met với diện tích da $1,8 \text{ m}^2$. Khi tính cho người lệch với chuẩn trên ví dụ phụ nữ, trẻ em hoặc người to lớn hơn thì phải nhân với hệ số tỉ lệ.

2) Với các giới hạn của các thông số vi khí hậu cho ở Bảng 2 và các trị số metabolism Q_M cho ở bảng 3, nếu nhận nhiệt độ bề mặt bức xạ (nhiệt độ mặt trong của tường, mái...) về mùa đông là 12°C và về mùa hè là 33°C , ta sẽ tính được chỉ số căng thẳng nhiệt (Heat Stress Index) HSI của Belding-Hatch [5] dao động trong khoảng ≤ 10 .

Các giá trị HSI trong phạm vi 0 ÷ 10 đối với cơ thể người Việt Nam trong khí hậu nhiệt đới nóng ẩm có thể xem là đạt yêu cầu, cụ thể hơn là trị số HSI nằm trong giới hạn trên cho cảm giác nhiệt bình thường, không hoặc ít có căng thẳng về nhiệt.

Khi nhiệt độ bề mặt thấp hơn, có thể giảm bớt vận tốc gió và ngược lại, nếu nhiệt độ bề mặt tăng cao thì cần tăng thêm vận tốc gió. Trường hợp thông gió tự nhiên và cơ khí nếu không đảm bảo được điều kiện tiện nghi theo bảng 2, 3 thì để bù vào độ gia tăng nhiệt độ của môi trường cần tăng thêm vận tốc gió để giữ được chỉ tiêu cảm giác nhiệt trong phạm vi cho phép. Ứng với mỗi 1°C tăng nhiệt độ cần tăng thêm vận tốc gió từ 0,5 đến 0,8 m/s nhưng không nên vượt quá 2,5m/s đối với nhà dân dụng và 3,5m/s đối với nhà công nghiệp (xem 4.1.3 [2]).

5. KẾT LUẬN

Như đã nói, điều kiện tiện nghi nhiệt của người không phải cố định mà thay đổi tùy theo từng vùng khí hậu, dân tộc, theo lứa tuổi, tình trạng sức khỏe, theo thông số hình học cơ thể v.v. Ví dụ người Việt nam có vóc dáng nhỏ bé, không béo mập, có tỷ lệ diện tích da trên khối lượng cơ thể lớn nên tỏa nhiệt dễ dàng hơn và lại quen với khí hậu nhiệt đới nên dễ dàng chịu nóng hơn.

Trong những năm qua, thể chất của người Việt nam đã thay đổi khá nhiều, chiều cao và cân nặng tăng do điều kiện sinh sống tốt hơn. Do đó những nghiên cứu về tiện nghi nhiệt của Việt Nam là rất cần thiết để đáp ứng yêu cầu thiết kế các công trình và các tòa nhà hiện đại đang được xây dựng trên cả nước. Công trình với các công năng khác nhau cần các điều kiện thiết kế trong nhà khác nhau. Khi xác định được chính xác thông số thiết kế về tiện nghi nhiệt, có thể chọn được hệ thống ĐHKH phù hợp, phát huy được những ưu điểm của hệ thống, hạn chế tối đa những nhược điểm,

có thể tiết kiệm được vốn đầu tư ban đầu, chọn được hệ thống tự động hóa thích hợp, tích hợp được với hệ thống điều khiển BMS của tòa nhà, vận hành, bảo dưỡng và sửa chữa tiêu chuẩn, đạt được mục đích sử dụng hệ thống hiệu quả và tiết kiệm năng lượng. Độ an toàn, độ tin cậy và tuổi thọ hệ thống do vậy cũng được nâng cao.

Các nghiên cứu trên thế giới đã đạt được những thành tựu nhất định, đặc biệt trong việc xây dựng các phần mềm tính toán điều kiện vi khí hậu kết hợp với diễn biến khí hậu ngoài nhà. Các chương trình nghiên cứu tương tự cũng nên được triển khai nghiên cứu ở Việt Nam như các tài liệu [4,5].

SUMMARY

This article introduces the current contents of thermal comfort zones of ASHRAE 55:2010 standard and European standard EN15251-2007 and the related TCVN 5687: 2010 for comparability. This is also a suggestion for the revision of TCVN 5687: 2010 in the future.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đức Lợi. Hướng dẫn Thiết kế Hệ thống Điều hòa Không khí. Nxb Khoa học và Kỹ thuật 2018.
2. TCVN 5687:2010. Thông gió, Điều hòa không khí, Tiêu chuẩn thiết kế. Nxb Xây Dựng 2010.
3. ANSI/ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55:2010. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, GA, 2010.
4. <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-4/engineering-reference/occupant-thermal-comfort.html>.
5. Trần Ngọc Chấn, Nguyễn Thành Trung, Lê Văn Thọ. Phần mềm tính toán OTTV-VACEE-2017.