



THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH CÓ HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG: HAI CÁCH TIẾP CẬN KIẾN TRÚC VÀO KHÍ HẬU VIỆT NAM

Phạm Đức Nguyên¹

Tóm tắt: QCVN 09:2013/BXD ban hành năm 2013 quy định các đòi hỏi bắt buộc về vỏ nhà, cửa kính (cũng như các yêu cầu khác) để công trình đạt được hiệu quả năng lượng cao nhất, là đúng và phù hợp cho các công trình sử dụng hệ thống điều hòa không khí. Khi đó, tổ chức không gian kiến trúc và các giải pháp cấu tạo, vật liệu, trang thiết bị... có thể khác, thậm chí trái ngược hoàn toàn với kiến trúc mở, đón nhận tự nhiên, vốn có nhiều thuận lợi về khí hậu sinh học ở Việt Nam, mà ông cha ta đã biết sử dụng trong kiến trúc truyền thống hàng ngàn năm qua. Bài báo phân tích sự khác nhau về các tiêu chí đánh giá, từ đó đưa ra các chỉ dẫn thiết kế kiến trúc cho hai cách tiếp cận khác nhau khi thiết kế kiến trúc ở Việt Nam nhằm đạt được năng lượng sử dụng tối thiểu trong các công trình.

Từ khóa: Khối nhiệt; định mức tiêu thụ năng lượng; sinh khí hậu; tiện nghi khí hậu.

Summary: That the code QCVN 09:2013/BXD promulgated in 2013 has stated obligatory requirements for building envelope, glazes as well as other requirements in order to achieve the highest energy efficiency is the right and appropriate for buildings using air-conditioning system only. Meanwhile, organizing architectural space and construction solutions, materials, equipments... may be different, even completely opposite to the open architecture, embrace natural, inherent advantages of bioclimate in Vietnam, that have appeared in traditional architecture thousands of years. This article analyzes the differences in the assessment criteria, thus giving the architectural designing guides for two different architectural design approaches in Vietnam to minimize energy use in buildings.

Key words: Thermal mass; Building Energy Intensity; bio-climatic; climatic comfort.

Nhận ngày 1/3/2014, chỉnh sửa ngày 15/3/2014, chấp nhận đăng 30/5/2014



1. Đặt vấn đề

Bước sang thế kỷ 21, khi biến đổi khí hậu đe dọa cuộc sống toàn cầu và đang ngày một trầm trọng thêm, mà nguyên nhân chính là do khí nhà kính (chủ yếu là CO₂) có nguồn gốc từ sử dụng năng lượng hóa thạch. Người ta cũng xác định được khoảng 50% CO₂ sinh ra từ năng lượng sử dụng trong nhà cửa. Vì vậy, vấn đề thiết kế kiến trúc các công trình để có hiệu quả sử dụng năng lượng cao nhất được đặc biệt quan tâm trong khoảng 20 năm gần đây.

Chúng tôi đề xuất hai cách tiếp cận khác nhau về kiến trúc với các tiêu chí đánh giá và các giải pháp thiết kế công trình, có thể trái ngược nhau.



2. Cách tiếp cận thứ nhất

Cách tiếp cận này dành cho các nước có khí hậu lạnh, cần chạy hệ thống sưởi ấm mùa đông và khí hậu nóng (hoặc rất nóng), cần chạy hệ thống điều hòa không khí (ĐHKK) vào mùa hè, với mục tiêu giảm tải trọng (nóng hoặc lạnh) của các hệ thống này. Trong các trường hợp này tất cả các cửa sổ đều phải kín và đóng kín, vỏ nhà phải giảm tối thiểu dòng nhiệt truyền qua.

2.1 Yêu cầu thiết kế

Yêu cầu đặt ra trong thiết kế công trình, bao gồm vỏ nhà và cách tổ chức không gian, thường quy định trong các Quy chuẩn quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng có hiệu quả, là:

¹PGS.TS, Khoa Kiến trúc và Quy hoạch. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: nguyenducp@gmail.com

a) Đối với khí hậu lạnh:

- Giảm mất nhiệt qua vỏ nhà (tường, mái, cửa sổ) của hệ thống sưởi ấm, bằng quy định giá trị tối thiểu U_o - hệ số truyền nhiệt trung bình của vỏ nhà (W/m^2K). U_o càng lớn, lượng mất nhiệt càng lớn, hệ thống sưởi càng phải hoạt động với công suất cao.

- Tăng cường nhận thêm nhiệt mặt trời trong mùa đông, dù khá ít ỏi, nhờ đó giảm bớt năng lượng sưởi ấm.

b) Đối với khí hậu nóng:

- Giảm sự xâm nhập của bức xạ mặt trời (BXMT) qua vỏ đặc của nhà, qua cửa sổ, tường kính vào nhà, làm tăng tải trọng lạnh của hệ thống ĐHKK. Hiệu ứng nhà kính trong trường hợp này cũng có vai trò quan trọng. Tiêu chí đánh giá là OTTV (Chỉ số truyền nhiệt tổng, W/m^2) và SHGC (Hệ số nhận nhiệt mặt trời của kính).

$$SHGC = (\tau + \alpha U / h_o) \quad (1)$$

trong đó: τ là hệ số xuyên BXMT của kính; α là hệ số hấp thụ BXMT của kính; U là hệ số truyền nhiệt của kính và h_o là hệ số trao đổi nhiệt mặt ngoài của cửa kính (do đối lưu và bức xạ).

Công thức (1) cho thấy giá trị SHGC đã xét đến cả sự xuyên nhiệt trực tiếp của bức xạ mặt trời (BXMT) và truyền nhiệt qua kính, nên có giá trị khá lớn trong tổng lượng nhiệt vào nhà. Theo KTS. Von Kok Leong, Malaysia, trong điều kiện như nhau, BXMT xuyên qua kính chiếm tỷ lệ 70 - 85% tổng lượng nhiệt vào nhà [2].

- Giảm truyền nhiệt qua vỏ từ ngoài vào trong nhà, làm tăng thêm công suất của hệ thống ĐHKK. Tiêu chí đánh giá là OTTV và giá trị U của kính.

2.2 Chỉ dẫn thiết kế

Phương pháp thiết kế kiến trúc cho hai miền khí hậu này tất nhiên là khác nhau, nhưng cũng có một số cơ sở chung giống nhau cho các giải pháp, là:

a) Nhà hợp khối, tổ chức không gian chặt, đặc, để giảm diện tích vỏ nhà. Đã có những nghiên cứu tìm hình dạng nhà cho diện tích vỏ nhà nhỏ nhất khi cùng một diện tích sử dụng.

b) Đối với miền khí hậu nóng: Hướng nhà giảm nhận BXMT là hướng Bắc/Nam. Các hướng Đông và Tây chịu BXMT lớn nhất, đặc biệt là trực xạ, cần giảm ít nhất diện tích tường và cửa sổ các hướng này; Ngược lại, đối với vùng khí hậu lạnh, chọn hướng nhà nhận nhiều BXMT - vẫn là hướng Nam (cho bán cầu bắc), vì các nước có vĩ độ lớn, phần lớn thời gian trong năm - nhất là mùa lạnh - mặt trời nằm thấp ở nửa bầu trời nam. Người ta còn tổ chức các "Buồng mặt trời / Sunspaces" hoặc các tường giữ nhiệt (hấp thụ và lưu giữ nhiệt mặt trời) để sưởi ấm nhà.

+ Nhà miền khí hậu lạnh trước đây thường thiết kế theo nguyên tắc khối nhiệt (thermal mass), tường dày, ít cửa sổ để giữ ấm mùa lạnh, nên kiến trúc có hình khối nặng nề (Hình 1). Ngày nay, nhờ công nghệ kính phát triển với các loại kính cách nhiệt, kính low-E, nên đã có thể mở nhiều kính để lấy ánh sáng ít ỏi mùa đông (Hình 2). Tương tự như vậy, nhà miền khí hậu nóng trước đây khi tổ chức mặt kính lớn sẽ làm gia tăng nhiệt vào nhà và hiệu ứng nhà kính, thì hiện nay nhờ áp dụng công nghệ kính phản quang, kính low-E đã xuất hiện những tòa nhà hiện đại có vỏ nhà toàn kính mà định mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà (Building Energy Intensity, $kWh/m^2.năm$) giảm được từ 50% đến 80%. Tòa nhà ST Diamond, Malaysia trên hình 3 với việc sử dụng kính low-E ở hai hướng Đông, Tây, đồng thời có giải pháp tận dụng tối đa ánh sáng tự nhiên bằng cấu tạo phản xạ ánh sáng từ cửa sổ lên trần phòng và lấy ánh sáng từ giếng trời đã giảm được 1/3 năng lượng sử dụng so với một tòa nhà văn phòng thông thường (BEI còn $69 kWh/m^2.năm$).

+ Vấn đề thông gió tự nhiên trong các công trình này chủ yếu để bảo đảm vệ sinh, đủ không khí sạch thay thế cho không khí đã ô nhiễm trong nhà. Giải pháp thường áp dụng là tổ chức các "ống thông gió" nhờ áp lực nhiệt hoặc dùng thêm quạt thổi không khí bần từ các cửa thông gió sát trần ra ngoài, rồi thổi không khí tự nhiên (hoặc đã được lọc) vào phòng qua các cửa dưới sàn.

+ Trong miền khí hậu nóng, khi cửa sổ được thiết kế che nắng hợp lý và hiệu quả, giá trị SHGC của kính không còn quan trọng, mà chỉ cần quan tâm giá trị U - liên quan đến truyền nhiệt qua kính. Nói khác đi, lúc đó không cần sử dụng các loại kính đắt tiền, ví dụ low-E.


Hình 1. Nhà ở Thụy Sĩ [4]

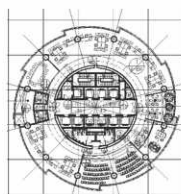
Hình 2. Swiss Re Tower, London

Hình 3. ST Diamond, Malaysia

+ Các không gian chuyển tiếp kín (giữa trong và ngoài nhà) - không gian đệm - thiết kế hợp lý có vai trò như lớp cách nhiệt bổ sung, làm giảm tổn thất năng lượng trong các không gian chính sử dụng hệ thống sưởi hoặc ĐHKK.

Một số tòa nhà Việt Nam, đặc biệt các tòa nhà văn phòng cao tầng, đã được xây dựng theo cách tiếp cận này. QCVN 09:2013/BXD [1] đã quy định các giá trị U_o , R_o , OTTV và SHGC phải tuân thủ khi thiết kế vỏ nhà. Tòa tháp liên cơ quan Đà Nẵng (Hình 4) có vỏ toàn kính, nhưng nếu giảm BXMT chiếu lên vỏ nhà bằng biện pháp che nắng, như tòa tháp Al Bahar Abu Dhabi, UAE (Hình 5- che nắng 3 mặt, trừ hướng Bắc) sẽ hiệu quả hơn. Tòa nhà ST Diamond, Malaysia (Hình 3) chỉ dùng kính low-E ở hai hướng Đông và Tây. Các hướng Bắc Nam lợi dụng độ nghiêng của tường kính, đã giảm được đáng kể trực xạ của mặt trời miền xích đạo nằm cao trên bầu trời, nên chỉ dùng kính thường. Cũng cần lưu ý thêm rằng, cách che nắng từ trong nhà bằng rèm, như nhiều nhà văn phòng ở Việt Nam áp dụng, là không tránh được “hiệu ứng nhà kính”, đồng thời làm giảm ánh sáng tự nhiên, đến mức phải dùng đèn điện ngay cả khi trời sáng.

Các phân tích nêu trên có thể rút ra kết luận về cách tiếp cận thứ nhất cho vùng nhiệt đới là: Các công trình cần quan tâm hình dạng và cấu tạo vỏ nhà nhằm giảm tối thiểu lượng nhiệt truyền qua, ưu tiên hướng nhà giảm BXMT chiếu lên các bề mặt công trình, đặc biệt chiếu lên cửa kính.


Hình 4. Tòa tháp liên cơ quan Đà Nẵng

Hình 5. Al Bahar Abu Dhabi, UAE [4]

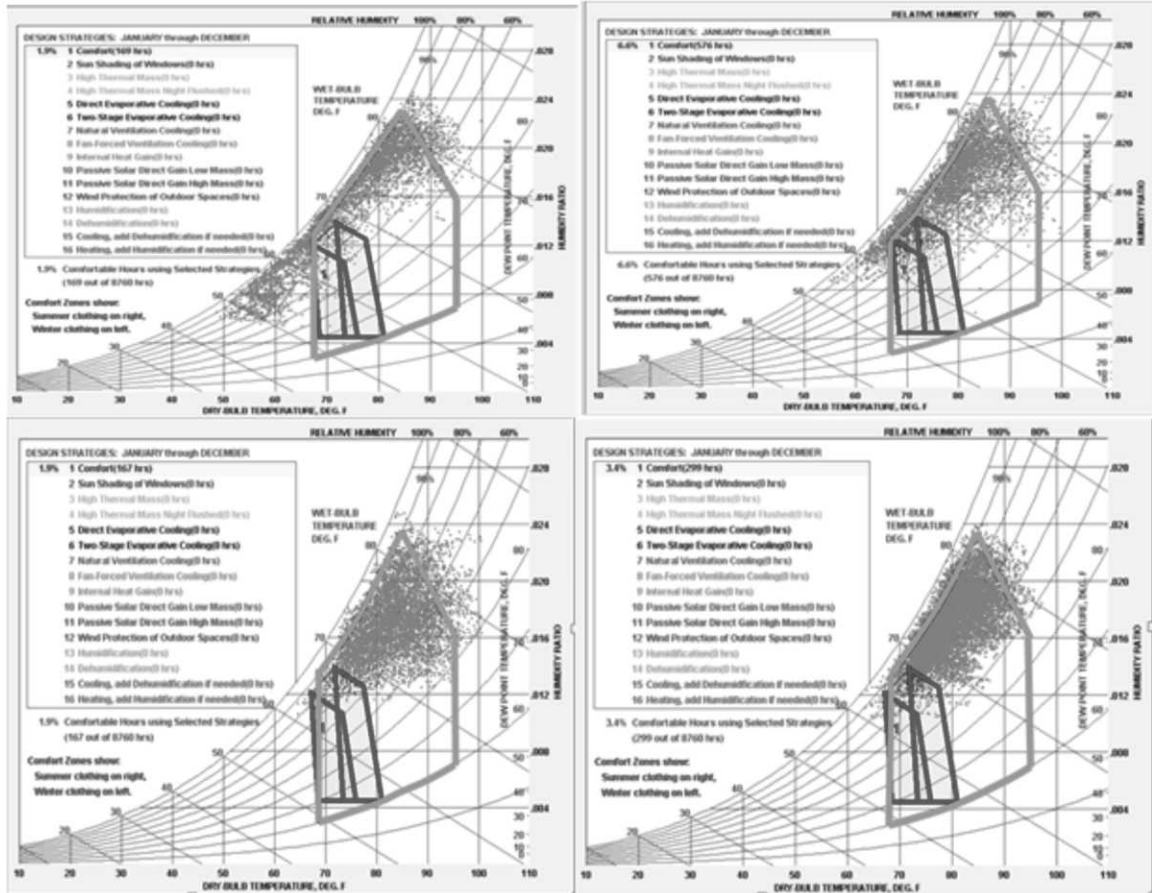

3. Cách tiếp cận thứ hai

Cách tiếp cận thứ hai dành cho các công trình ưu tiên đón nhận tự nhiên. Cách tiếp cận này áp dụng cho những vùng lãnh thổ có khí hậu sinh học tương đối “dễ chịu” quanh năm, không quá nóng, không quá lạnh, không cần (hoặc cần rất ít) việc kiểm soát khí hậu bằng thiết bị nhân tạo - sử dụng hệ thống sưởi ấm hoặc ĐHKK. Khi đó, chỉ cần bổ sung sử dụng thiết bị tiêu tốn ít năng lượng như quạt gió hoặc sưởi cục bộ trong một vài thời gian ngắn trong năm.

Nghiên cứu khí hậu xây dựng theo sinh học của chúng tôi (đã công bố trong [2]) cho thấy, khả năng sử dụng không khí tự nhiên tại các đô thị Việt Nam chiếm từ ~50% số giờ một năm (Hà Nội), 80% (TP Hồ Chí Minh), 85% (Đà Nẵng), thậm chí tới 99% như ở Nha Trang (Hình 6).

Điều này giải thích vì sao người Việt Nam đã hàng ngàn năm xây dựng nhà ở theo hướng tiếp cận này. Trong điều kiện kinh tế, xã hội, năng lượng Việt Nam hiện nay, cần/nên áp dụng hướng tiếp cận này vào kiến trúc hiện đại, ít nhất cho các công trình, như nhà ở, trường học, nhà nghỉ, khách sạn ven biển... Việc thiết kế nhà chung cư với các căn hộ đóng kín để ĐHKK là cách làm “xa xỉ”, trái tự nhiên, không phù hợp vệ sinh, xa lạ với lối sống quen thuộc của người Việt Nam.

Theo cách tiếp cận này, không gian kiến trúc và các cửa sổ cần mở để đón nhận không khí tự nhiên. Vấn đề mất nhiệt hoặc thêm nhiệt qua vỏ nhà không còn ý nghĩa nữa, nghĩa là các tiêu chí OTTV, U_o , SHGC đã không còn hoặc giảm đáng kể ý nghĩa. Khi OTTV lớn, dù nhiệt mặt trời vào nhà nhiều, nhưng đã được thông gió tự nhiên (TGTN) đưa ra khỏi nhà, không còn làm nóng không khí trong nhà. Nếu nhà TGTN tốt, không khí trong nhà sẽ có nhiệt độ xấp xỉ với không khí bên ngoài.



Hình 6. Phân tích sinh khí hậu các đô thị: từ trái sang phải, từ trên xuống dưới: Hà Nội, Đà Nẵng, TP Hồ Chí Minh và Nha Trang - 8760 chấm là thời tiết mỗi giờ/năm, nằm trong “vùng tiện nghi chấp nhận” của người Việt Nam và vùng tiện nghi hoàn toàn theo ASHRAE 2005

3.1 Yêu cầu thiết kế

Các chỉ tiêu sau đây là có ý nghĩa:

a) TGTN xuyên phòng - Nếu trong nhà ĐHKK, TGTN chỉ có mục đích vệ sinh, thì trong nhà đón nhận tự nhiên, TGTN có mục đích cải thiện tiện nghi vì khí hậu nhờ tác dụng bay hơi nước trên mặt da người. Điều này đặc biệt quan trọng đối với khí hậu nóng và độ ẩm cao của Việt Nam. Khu vực có người hoạt động cần được thông gió có vận tốc từ 0,5 đến 1,5 m/s (max 2m/s) - thông gió xuyên phòng, khi đó cảm giác về nhiệt độ như được hạ thấp 3 - 4°C (rút từ các nghiên cứu của nước ngoài, [2]). Đồng thời vận tốc này có thể điều chỉnh được phụ thuộc vào nhiệt độ, độ ẩm và vận tốc gió ngoài nhà cũng như theo yêu cầu của người hoạt động trong nhà (bằng cách đóng bớt cửa).

Bên cạnh TGTN xuyên phòng, việc kết hợp TGTN với sử dụng quạt gió (thông gió cơ khí) là sự hỗ trợ cần thiết, không thể thiếu, bởi vì ngay cả nơi gió mát có tần suất lớn nhất cũng chỉ đạt 30 - 40% thời gian, với vận tốc luôn thay đổi. Từ ngàn đời nay người dân Việt Nam đã biết dùng đủ loại quạt tự chế để sử dụng, khi chưa có quạt máy.

b) Không gian trong nhà cần được giới hạn vùng bị nắng chiếu. Khi bị nắng chiếu, các bề mặt sẽ bị nung nóng, làm xấu vi khí hậu phòng. Nắng chiếu lên người làm việc gây nóng trực tiếp, nhiều khi không thể chịu nổi. Đồng thời nắng chiếu lên các bề mặt cần nhìn có thể gây lóa, làm mất tiện nghi môi trường ánh sáng. Trong nhà sản xuất, khi xảy ra lóa do nắng chiếu thậm chí có thể gây tai nạn lao động.

Tuy nhiên trong một số công trình, như nhà ở, nhà trẻ, mẫu giáo... nắng chiếu vào một số không gian trong những thời gian thích hợp (ví dụ buổi sáng) lại có tác dụng diệt khuẩn, diệt nấm mốc, tăng chất lượng vệ sinh cho môi trường không khí trong nhà.

c) Kiểm soát nhiệt độ bề mặt nội thất, đặc biệt cần quan tâm trị số nhiệt độ mặt trong cực đại (τ_t^{max}) và thời điểm xuất hiện của nó. BXMT nhiệt đới có giá trị cao nung nóng các bề mặt ngoài tường và mái nhà, rồi truyền vào phòng, nâng cao nhiệt độ bề mặt nội thất. Khi nhiệt độ các bề mặt này trên 34 - 35°C (lớn hơn nhiệt độ mặt da) sẽ trao đổi bức xạ với người trong phòng làm cho cơ thể nhận thêm nhiệt, gây ra nóng bức.

3.2 Chỉ dẫn thiết kế

a) Nhà, công trình phải hòa nhập với thiên nhiên, đón tự nhiên, lợi dụng những thuận lợi mà thiên nhiên mang lại, ví dụ rừng cây, biển, sông, hồ... Cách tổ chức các công trình của Khoa Nông nghiệp, trường ĐH Cần Thơ (Hình 7, Công ty Kume Sekkei Nhật Bản thiết kế, hoàn thành năm 1996) với các nhà học ẩn hiện trong thảm cỏ, vườn cây, hồ nước, được kết nối bằng các hành lang có mái che, rất thích hợp với vùng nhiệt đới nắng lắm, mưa nhiều.



Hình 7. Kiến trúc hòa nhập vào thiên nhiên

b) Kiến trúc mở, thoáng, đón gió mát (đặc biệt gió từ biển). Phải tạo được thông gió có vận tốc trên toàn diện tích hoạt động. Ngoài việc tổ chức các cửa sổ lớn, các không gian chuyển tiếp “nửa kín/nửa hở”, không gian “dẫn gió”, thì các sân trong, giếng trời có vai trò thông gió (và chiếu sáng tự nhiên) rất quan trọng. Các không gian làm việc phải có cửa đón gió và cửa thoát gió, tốt nhất trên hai tường đối diện nhau, nếu không cũng phải trên hai tường vuông góc. Ưu tiên hướng nhà có lợi đón gió mát mùa nóng. Đối với

miền khí hậu phía Bắc, hướng nhà có lợi là Nam và Đông Nam, tuy nhiên hướng Nam có lợi hơn vì giảm được BXMT chiếu lên tường Bắc (so với tường Tây Bắc khi chọn hướng Đông Nam). Đối với lãnh thổ vùng Nam Bộ, hướng gió mát có nhiều hơn (đa hướng) và với vùng ven biển hướng gió mát lại từ biển vào (hướng Đông).

c) Bên cạnh đó, cần bổ sung vào Tiêu chuẩn xây dựng việc bắt buộc có lưới chống côn trùng cho cửa sổ, tạo thuận lợi cho việc mở cửa thông gió, mà ngay cả các nước xứ lạnh cũng thường áp dụng.

d) Thiết kế che nắng hiệu quả cho cửa sổ, theo vị trí mặt trời. Nói chung, không hạn chế sử dụng kính trên vỏ nhà. Quan trọng là cửa và tường kính phải được che nắng có hiệu quả, có lợi cho cả môi trường vi khí hậu và ánh sáng. Nhà TGTN không nên và không cần dùng các loại kính có giá trị U và SHGC thấp, vừa tốn kinh phí, vừa không mang lại hiệu quả. Nhà có kết cấu che BXMT, mặt nhà “không phơi nắng” tạo thành nét đặc trưng của kiến trúc nhiệt đới (cả ẩm & khô) (Hình 8).



Hình 8. Phong cách kiến trúc nhiệt đới ẩm

Trên Hình 9 [4], bên trái giới thiệu “kết cấu che nắng di động” có thể áp dụng thích hợp cho cửa sổ nhà văn phòng, lớp học tại các hướng bất lợi như Tây, Đông, Tây Bắc, Tây Nam, Đông Bắc, Đông Nam. Bên phải là “kiểu che nắng hộp”, kết hợp đưa ánh sáng phản xạ lên trần để bổ sung ánh sáng vào phòng, thích hợp cho các hướng Bắc và Nam.



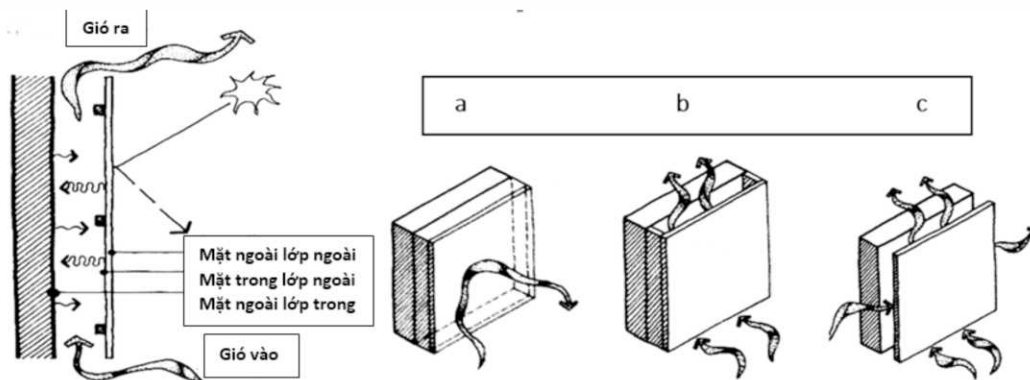
Kết cấu dừng, di động

Che nắng kiểu hộp, kết hợp lấy ánh sáng tự nhiên [4]

Hình 9. Ví dụ thiết kế che nắng

Cần nói thêm rằng, che nắng không có nghĩa chỉ dùng các kết cấu che nắng. Tổ chức không gian (cả mặt bằng và mặt đứng công trình), tạo các vùng sáng / tối trên mặt chính để “mặt đứng nhà không phơi nắng” cũng có hiệu quả tốt cả về giảm BXMT và thẩm mỹ kiến trúc.

e) Cấu tạo tường, đặc biệt cho các tường bị mặt trời chiếu đốt mạnh và mái nhà hợp lý để giảm nhiệt độ mặt trong nhà. Tường cấu tạo hợp lý không cần dày (theo nguyên tắc khối nhiệt) mà có thể sử dụng kết cấu nhiều lớp, có lớp không khí lưu thông. Hình 10 giới thiệu cấu tạo tường hai lớp và khả năng giảm nhiệt vào phòng theo nghiên cứu của Shabban, 1981 [3].



Hình 10. Tường 2 lớp giảm lượng nhiệt 48-64% (a), 70-80% (b), 85-94% (c)

f) Tổ chức không gian hở, nửa hở (không gian chuyển tiếp) hợp lý, như các sân xanh, hiên xanh vừa tạo được môi trường tâm sinh lý tốt cho người sống và làm việc, còn là các không gian đón và dẫn gió vào nhà, tăng cường thông gió tự nhiên. Trong nhà chung cư, nhà có sân còn tạo thuận lợi để sử dụng năng lượng tự nhiên cho phơi phóng, lấy nước nóng mặt trời hoặc điện gió khi có điều kiện.

4. Kết luận

Việt Nam có khí hậu nhiệt đới, ẩm ướt, chịu ảnh hưởng của gió mùa. Thiết kế công trình trong kiến trúc thích ứng khí hậu cần thực hiện theo hai cách: Nhà sử dụng hệ thống ĐHKK và nhà thông gió tự nhiên.

Đánh giá chất lượng thiết kế kiến trúc vỏ nhà cho mỗi trường hợp về môi trường trong nhà và hiệu quả năng lượng là khác nhau. Do đó, các giải pháp áp dụng cũng khác nhau, thậm chí đôi khi trái ngược nhau. Người thiết kế cần phân tích đặc điểm sử dụng công trình, khí hậu, địa hình, thiên nhiên, cảnh quan của địa điểm thiết kế tại mỗi địa phương để đề xuất các giải pháp sáng tạo phù hợp nhất.

Một tổng kết quan trọng là: “Nhà ĐHKK ưu tiên hướng giảm BXMT, nhà TGTN ưu tiên hướng gió mát”.

Kiến trúc thoáng hở (mở) đón gió tự nhiên, kết hợp sử dụng quạt điện (khi thiếu gió), hoàn toàn có thể cải thiện nâng cao tiện nghi vi khí hậu trong nhiều thời gian của năm mà không cần sử dụng ĐHKK - một thiết bị tốn nhiều năng lượng, phát thải khí nhà kính và tạo ra một “vòng luẩn quẩn” khi cải thiện khí hậu đô thị trong mùa nóng. Với một số loại công trình dân dụng, như nhà ở, trường học... cách tiếp cận này là thích hợp nhất. Với cách tiếp cận kiến trúc vào khí hậu này, công trình không chỉ có hiệu quả năng lượng mà còn làm cho môi trường trở nên vệ sinh hơn, có lợi cho sức khỏe con người và giảm bớt năng lượng sử dụng, góp phần vào cuộc đấu tranh chống biến đổi khí hậu trên toàn cầu.

Tài liệu tham khảo

1. QCVN 09:2013/BXD - Quy chuẩn xây dựng Việt Nam - Các công trình xây dựng sử dụng năng lượng có hiệu quả.
2. Phạm Đức Nguyên (2012), *Phát triển kiến trúc bền vững, kiến trúc xanh ở Việt Nam*, NXB Trí thức.
3. Phạm Đức Nguyên (2002), *Kiến trúc sinh khí hậu - Thiết kế Sinh khí hậu trong kiến trúc Việt Nam*, NXB Xây dựng.