

ĐỀ XUẤT TƯƠNG QUAN KÍCH THƯỚC CỦA PHÒNG NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN CHO CĂN HỘ CHUNG CƯ CAO TẦNG

PROPOSAL OF THE RELATION OF THE DIMENSIONS OF THE ROOM TO ENHANCE THE NATURAL VENTILATION EFFICIENCY FOR APARTMENTS IN HIGH-RISE APARTMENT BUILDINGS

Phan Tiến Vinh

Trường Cao đẳng Công nghệ - Đại học Đà Nẵng; ptvinh@dct.udn.vn

Tóm tắt - Chung cư cao tầng là một loại hình nhà ở phổ biến hiện nay tại các đô thị trên thế giới. Thiết kế và khai thác hiệu quả thông gió tự nhiên cho chung cư cao tầng là một giải pháp cơ bản hướng đến tiết kiệm năng lượng, tạo môi trường thân thiện và sự phát triển bền vững cho công trình kiến trúc. Bài báo đi vào nghiên cứu tương quan về kích thước chiều rộng và chiều sâu của một phòng ở có hình dạng chữ nhật (trong căn hộ chung cư cao tầng) nhằm tạo ra hiệu quả thông gió tự nhiên tốt nhất. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khi kích thước chiều sâu phòng bằng từ 1,0 đến 1,5 lần chiều rộng của phòng thì hiệu quả thông gió tự nhiên (vận tốc gió vào, vận tốc gió phân bố trong phòng, trường gió) là tốt nhất. Kết quả này là một đóng góp cho lý thuyết về thiết kế thông gió tự nhiên cho chung cư cao tầng và có thể được các nhà thiết kế áp dụng cho các dự án chung cư cao tầng trong thực tế.

Từ khóa - chung cư cao tầng; kiến trúc bền vững; kích thước phòng; vận tốc gió; trường gió.

Abstract - High-rise apartment buildings are a common housing type in urban areas in the world. Designing and effective exploiting natural ventilation in high-rise apartment buildings is a basic solution towards saving energy, creating a friendly environment and a sustainable development for architecture. This article focuses on studying the relation of two dimensions of a rectangular room (a common room' configuration in apartment buildings) to create the best natural ventilation efficiency. The results show that when the room depth is equal to 1.0 to 1.5 times the room width, the natural ventilation efficiency (wind velocity, distribution of wind velocity in the room, wind field) is the best. The result is a contribution to the theory of natural ventilation designing in high-rise apartment buildings and can be applied to actual high-rise apartment projects by designers.

Key words - high-rise apartment building; sustainable architecture; dimension of room; wind velocity; wind field.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, trong bối cảnh nhân loại đang đối diện với những thách thức của biến đổi khí hậu và xu hướng phát triển bền vững đã trở thành quốc sách hàng đầu của nhiều quốc gia trên thế giới, nghiên cứu đề xuất các giải pháp thiết kế kiến trúc theo hướng bền vững là vấn đề có tính cấp thiết và có ý nghĩa lớn về mặt lý luận trong kiến trúc. Một trong những giải pháp thiết kế thụ động cơ bản nhằm hướng đến kiến trúc bền vững, thích ứng và thân thiện với môi trường tự nhiên, tạo ra môi trường tiện nghi thân thiện cho con người, tiết kiệm năng lượng,... là thiết kế thông gió tự nhiên (TGTN) cho công trình kiến trúc.

Chung cư cao tầng (CCCT) là loại hình nhà ở đã và đang phát triển mạnh tại các đô thị lớn trên thế giới. Ở Việt Nam, CCCT xuất hiện tại các đô thị lớn cùng với sự phát triển đô thị, sự phát triển kinh tế xã hội, sự gia tăng nhu cầu nhà ở đô thị, các yêu cầu về tiện nghi ở, ... Trong thập niên đầu của thế kỷ XXI, đã chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ về số lượng các khu đô thị mới, cùng với đó là nhiều CCCT được đầu tư xây dựng.

Theo [1], nhà chung cư là loại hình được chú trọng phát triển tại các đô thị Việt Nam. Cụ thể, tỷ lệ nhà ở chung cư trong các dự án phát triển nhà ở đô thị đến năm 2020 được quy định từ 60% đến 90% cho các đô thị loại I và loại đặc biệt.

Như vậy, nhà chung cư nói chung, trong đó có CCCT, sẽ có xu hướng phát triển mạnh trong thời gian đến tại các đô thị Việt Nam, đặc biệt là tại các đô thị lớn.

Hiện nay, vấn đề khai thác TGTN cho các căn hộ trong CCCT chưa được quan tâm đúng mức trong quá trình thiết kế và vận hành khai thác. Giải pháp phổ biến để làm mát cho

các căn hộ là sử dụng điều hòa không khí. Giải pháp này có các nhược điểm chính sau: tiêu thụ nhiều năng lượng, gây ô nhiễm môi trường tự nhiên, gây ra một số bệnh cho cư dân, môi trường vi khí hậu trong căn hộ không thân thiện, ...

Trong phòng ở có dạng hình chữ nhật (hình dạng phổ biến nhất trong thiết kế chung cư), kích thước bề ngang a và chiều sâu b , tương quan kích thước K của phòng là tỷ số giữa b và a , $K = b/a$. Giá trị K có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả về chiếu sáng tự nhiên, tiện nghi nhiệt, thẩm mỹ kiến trúc, tính thích dụng, ... và hiệu quả TGTN.

Các nghiên cứu đã được công bố về TGTN cho các phòng chức năng và công trình kiến trúc nói chung tập trung vào lý thuyết chung về mối liên hệ giữa vị trí cửa trên mặt bằng; vị trí cửa trên mặt cắt; sử dụng hình thức lam, vách ngăn, ... và hiệu quả TGTN của phòng [2, 3, 4, 5]; khả năng áp dụng TGTN và các trường hợp ứng dụng các nguyên tắc TGTN cho công trình thực tế tại các vùng khí hậu khác nhau; các giải pháp thiết kế và chiến lược TGTN cho công trình nói chung [6, 7, 8, 9, 10]; ... Và hiện nay, chưa có nghiên cứu nào đề xuất tương quan kích thước K hợp lý cho các phòng ở trong căn hộ CCCT nhằm khai thác hiệu quả TGTN.

Vì vậy, nghiên cứu tương quan kích thước phòng hợp lý nhằm khai thác hiệu quả TGTN cho các căn hộ CCCT là vấn đề đang được đặt ra cho các nhà nghiên cứu và các nhà thiết kế.

2. Đề xuất tương quan kích thước phòng hợp lý trong thiết kế CCCT hướng đến khai thác hiệu quả TGTN

2.1. Hiệu quả TGTN của căn hộ trong CCCT

Hiệu quả TGTN trong và ngoài căn hộ phụ thuộc vào một số yếu tố sau: hình khối công trình; giải pháp bố cục

tổng mặt bằng; hình thức mặt bằng tầng điển hình; vận tốc và hướng gió thổi đến bề mặt căn hộ; giải pháp thiết kế của căn hộ; đặc điểm các loại cửa của phòng; ...

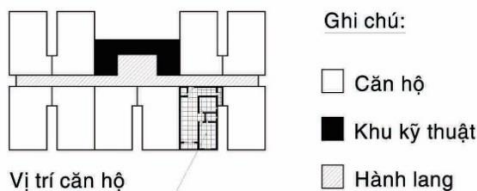
Trong các căn hộ, các phòng ở (phòng khách và các phòng ngủ) có yêu cầu bắt buộc là phải được chiếu sáng tự nhiên và TGTN. Hiệu quả TGTN của căn hộ được đánh giá thông qua hiệu quả TGTN của các phòng ở.

Với các phòng có 1 cửa đón gió vào (trường hợp phổ biến), hiệu quả TGTN phụ thuộc: diện tích mở cửa cho gió vào và gió ra, vị trí của các cửa (trên mặt bằng và trên mặt cắt), tương quan về kích thước K của phòng, giải pháp bố trí nội thất, giải pháp vận hành (đóng mở cửa), ... Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu và đề xuất tương quan kích thước K của phòng nhằm khai thác hiệu quả TGTN cho căn hộ.

2.2. Đối tượng và các trường hợp nghiên cứu

- Theo TCXDVN 323:2004 “Nhà ở cao tầng – Tiêu chuẩn thiết kế”, nhà ở cao tầng là loại nhà ở căn hộ có chiều cao từ 9 tầng đến 40 tầng. Tác giả chọn ngẫu nhiên một chung cư 12 tầng để tiến hành nghiên cứu.

Một số đặc điểm của chung cư: chiều cao tầng 1 là 3.900 mm; chiều cao các tầng điển hình là 3.200 mm; cao độ nền tầng 1 là 1.050 mm; có mặt bằng tầng điển hình (MBTĐH) theo hình thức hành lang giữa (đây là hình thức MBTĐH phổ biến của CCCT; đồng thời, với hình thức MBTĐH này, tác giả có thể tiến hành nghiên cứu cho hai trường hợp là thông gió xuyên phòng và thông gió một mặt), xem Hình 1.



Hình 1. Mặt bằng tầng điển hình của chung cư và vị trí căn hộ

- Phòng ở được chọn để nghiên cứu là Phòng ngủ 1 của căn hộ điển hình đặt tại tầng 10. Mặt chính của căn hộ quay về hướng chính của chung cư. Hình dạng, thành phần các phòng chức năng của căn hộ và các loại cửa trong phòng như Hình 2a. Một số tham số kích thước:

+ α : là góc tạo bởi đường thẳng tiếp tuyến mặt nhà và hướng gió thổi đến (Hình 2b);

+ a, b: là kích thước theo phương ngang và phương dọc của Phòng ngủ 1. Để tiến hành các nghiên cứu, chọn $a = 3,8$ m và $b = K \times a$ (Hình 2b);

+ O là vị trí của điểm khảo sát và $OA = x$ (m);

+ Cửa đi phòng ngủ: 0,8 m x 2,2 m. Cửa đi phòng vệ sinh: 0,6 m x 2,0 m. Cửa sổ phòng ngủ: 1,6 m x 1,5 m (trong đó phần mở cửa để lấy gió, tối đa khi mở là 0,8 m x 0,9 m).

- Một số điều kiện cho trường hợp nghiên cứu: khối CCCT đứng độc lập hoàn toàn; chỉ mở cửa căn hộ nghiên cứu, các căn hộ khác đều đóng cửa hoàn toàn; mở cửa các không gian công cộng (hành lang, sảnh chính, ...).

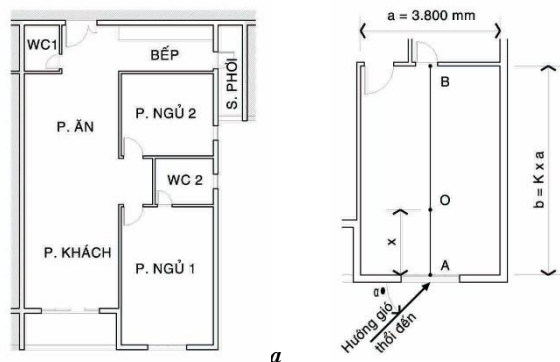
- Nghiên cứu được thực hiện trong các trường hợp:

+ 3 trường hợp hướng gió thổi đến, tương ứng giá trị của α là 45° , 90° và 135° .

+ 2 trường hợp về hình thức thông gió là: thông gió xuyên phòng (khi cửa đi và cửa vệ sinh trong phòng ngủ được mở ra) và thông gió một mặt (khi cửa đi và cửa vệ sinh trong phòng ngủ được đóng lại).

+ 4 trường hợp K (giá trị K tương ứng là 0,5, 1,0, 1,5 và 2,0).

Như vậy, có 24 mô phỏng được thực hiện độc lập để thu kết quả.



Hình 2. a. Mặt bằng căn hộ; b. Kích thước căn hộ - Vị trí khảo sát: Đoạn thẳng AB, điểm khảo sát O ($AO = x$)

2.3. Các tiêu chí đánh giá và đại lượng tính toán

- Tiêu chí đánh giá hiệu quả TGTN trong căn hộ:

+ Vận tốc gió tại các điểm nằm trên đoạn thẳng AB (theo chiều dọc phòng ngủ 1 - Hình 2b) trên mặt phẳng ở cao độ 1,1 m so với sàn nhà.

+ Trường gió trên mặt phẳng ở cao độ 1,1 m của phòng ngủ.

- Đại lượng tính toán: xác định giá trị K để hiệu quả TGTN trong phòng là tốt nhất.

2.4. Lựa chọn phương pháp nghiên cứu TGTN

Hiện nay, nhiều phương pháp nghiên cứu TGTN trong công trình được nghiên cứu phát triển. Các phương pháp nghiên cứu TGTN này chủ yếu sử dụng các mô hình cơ bản như: Mô hình phân tích (Analytical models); Mô hình kinh nghiệm (Empirical models); Mô hình thí nghiệm (Experimental models); Mô hình đa vùng (Multizone models); Mô hình vùng (Zonal models); Mô hình lưới (Network models); Mô hình CFD (Computational Fluid Dynamics models); ... Các mô hình trên đều có những ưu điểm và những hạn chế nhất định. Trong đó, mô hình CFD là mô hình được sử dụng phổ biến trong nghiên cứu và thiết kế về thông gió. Theo kết quả thống kê của Qingyan Chen, 70% các công bố về nghiên cứu TGTN cho công trình có sử dụng mô hình CFD [11].

Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, tác giả sử dụng phương pháp CFD (Computational Fluid Dynamics) và phần mềm Autodesk CFD 2017.

3. Các kết quả và bàn luận

3.1. Thiết lập mô hình, chọn các điều kiện biên, chọn mô hình rối, chọn giải pháp lưới cho mô phỏng và cấu hình máy tính thực hiện mô phỏng

3.1.1. Thiết lập mô hình nghiên cứu trên CFD

- Dựng mô hình 3D của đối tượng (là chung cư 12 tầng

– như đã chọn ở Mục 2.2) nghiên cứu trên phần mềm AutoCad 2017 (của hãng Autodesk). Kích thước của mô hình khối không khí (vùng mô phỏng) lần lượt được lấy tối thiểu bằng 5 lần chiều ngang và 3 lần chiều cao tương ứng của công trình cần nghiên cứu.

- Tạo mô hình nghiên cứu trên Autodesk CFD 2017 từ mô hình 3D nêu trên.

- Gán các thuộc tính vật liệu chính cho các đối tượng trong mô hình nghiên cứu.

3.1.2. Gán các điều kiện biên cho khối không khí

- Chọn hướng gió thổi đến trong 3 trường hợp α ($\alpha = 45^\circ, 90^\circ$ và 135°): vận tốc tham chiếu tại cao độ 10 m là 3 m/s. Vận tốc gió có sự thay đổi theo chiều cao và được biểu diễn pro-fin vận tốc gió theo hàm số mũ như sau:

$$\frac{V_z}{V_r} = \left(\frac{Z}{Z_r} \right)^\delta \quad \text{Trong đó:}$$

+ V_z, V_r là vận tốc gió ở cao độ Z và vận tốc gió ở cao độ tham chiếu Z_r .

+ δ là hệ số mũ phụ thuộc vào độ gồ gề của mặt đất, độ ổn định của khí quyển và cao độ đang xét. δ được xác định bằng thực nghiệm. Trong điều kiện khí quyển ổn định, giá trị $\delta = 0,143$ [12].

- Xác định mật gió ra và gán Static Gage Pressure có giá trị áp suất là 0.

- Các mặt còn lại của khối không khí (trừ mặt tiếp xúc với mặt đất) được gán định dạng là Slip/Symmetry.

3.1.3. Chọn mô hình rối (Turb.model)

Chọn mô hình rối là RNG k- ϵ (RNG k- ϵ là mô hình rối được hiệu chỉnh từ mô hình rối k- ϵ tiêu chuẩn bằng phương pháp Renormalization Group - RNG) [13].

3.1.4. Chọn giải pháp lưới

- Trong phương pháp CFD, miền nghiên cứu được chia thành các phần tử (elements), góc của các phần tử là các nút (node). Các nút và các phần tử tạo thành lưới (mesh). Lựa chọn giải pháp lưới là tự động (autosize). Sự độc lập của lưới đối với kết quả mô phỏng được đảm bảo thông qua thiết lập Adaptive mesh.

- Kích hoạt tính năng kiểm tra độc lập của giải pháp lưới và chọn giá trị 3 cho Cycles to run. Lựa chọn này cho phép thực hiện 3 lần tự động điều chỉnh lưới cho phù hợp.

3.1.5. Cấu hình máy tính thực hiện mô phỏng

- Mô phỏng được thực hiện trên máy tính để bàn: Processor Intel® Xeron (R) CPU E3-1220 v5 @ 3.00GHz; 64-bit Operating System; RAM 8.00 GB.

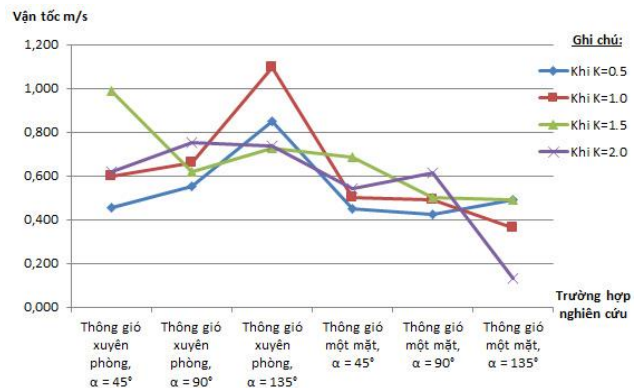
- Thời gian trung bình để thực hiện 1 mô phỏng là 8 giờ.

3.2. Kết quả và đề xuất

3.2.1. Giá trị vận tốc gió vào tại cửa phòng

Với điều kiện khảo sát là vận tốc gió 3 m/s (ở cao độ tham chiếu là 10 m), kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng, giá trị vận tốc gió tại điểm giữa của cửa vào (vị trí A, ở cao độ 1,1 m so với sàn nhà) trong 24 trường hợp mô phỏng đều có vận tốc nhỏ hơn 1,1 m/s (Hình 3).

Căn cứ vào kết quả giá trị vận tốc gió vào phòng, đối với từng trường hợp nghiên cứu, giá trị K được đề xuất như Bảng 1.



Hình 3. Vận tốc gió vào phòng ngủ (tại vị trí A) của các trường hợp nghiên cứu

Bảng 1. Giá trị K (đề xuất) trong các trường hợp nghiên cứu

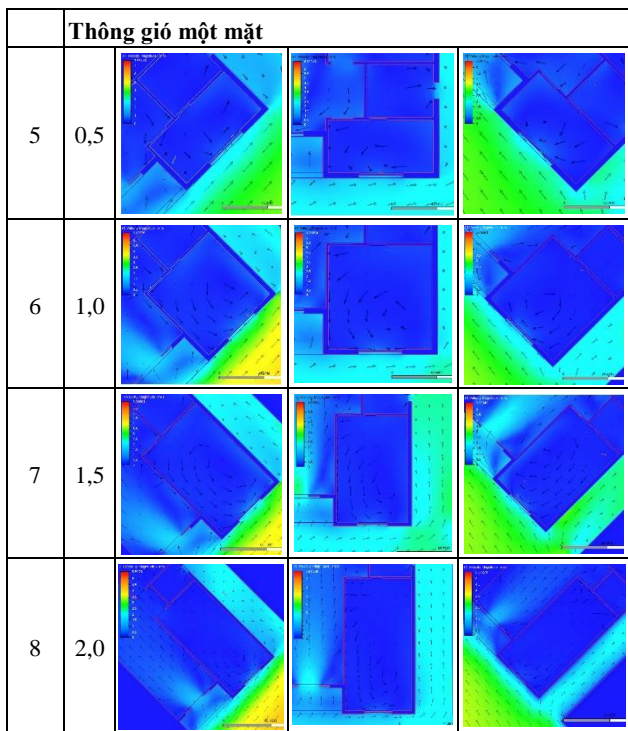
STT	Trường hợp khảo sát	Đề xuất K
1	Thông gió xuyên phòng, $\alpha = 45^\circ$	1,0 – 2,0
2	Thông gió xuyên phòng, $\alpha = 90^\circ$	1,0 – 2,0
3	Thông gió xuyên phòng, $\alpha = 135^\circ$	0,5 – 1,0
4	Thông gió một mặt, $\alpha = 45^\circ$	1,0 – 2,0
5	Thông gió một mặt, $\alpha = 90^\circ$	1,0 – 2,0
6	Thông gió một mặt, $\alpha = 135^\circ$	0,5 – 1,5

Như vậy, theo kết quả ở Hình 3 và đề xuất giá trị K ở Bảng 1, giá trị K nên chọn là từ 1,0 đến 1,5.

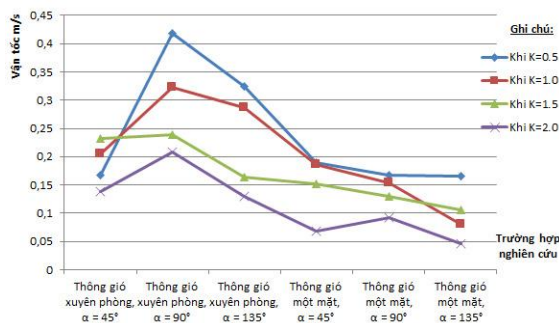
3.2.2. Kết quả trường gió trong phòng

Bảng 2. Trường gió trong phòng ngủ của các trường hợp nghiên cứu

STT	K	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 135^\circ$
Thông gió xuyên phòng				
1	0,5			
2	1,0			
2	1,5			
4	2,0			



3.2.3. Kết quả giá trị vận tốc gió trung bình tại các điểm nằm trên đoạn thẳng AB (Hình 4)



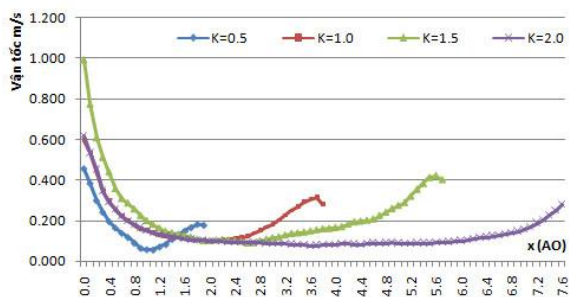
Hình 4. Giá trị vận tốc gió trung bình (tại các vị trí trên AB) cho các trường hợp nghiên cứu

Kết quả ở Hình 4 cho thấy, giá trị vận tốc gió trung bình tỷ lệ nghịch với giá trị K. Vì vậy, nên chọn K có giá trị nhỏ.

3.2.4. Kết quả giá trị vận tốc dọc theo chiều sâu của phòng (đoạn thẳng AB) cho các trường hợp nghiên cứu

Kết quả được thể hiện ở các Hình 5, 6, 7, 8, 9, 10. Các đề xuất giá trị K sẽ dựa trên độ lớn vận tốc tại các điểm khảo sát và trường gió trong phòng (Bảng 2).

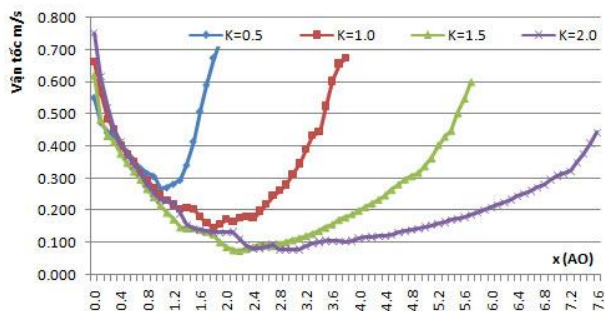
a. Thông gió xuyên phòng, $\alpha = 45^\circ$ (Hình 5)



Hình 5. Trường hợp thông gió xuyên phòng, $\alpha = 45^\circ$

Đề xuất giá trị K từ 1,0 đến 1,5 và hợp lý nhất là 1,5.

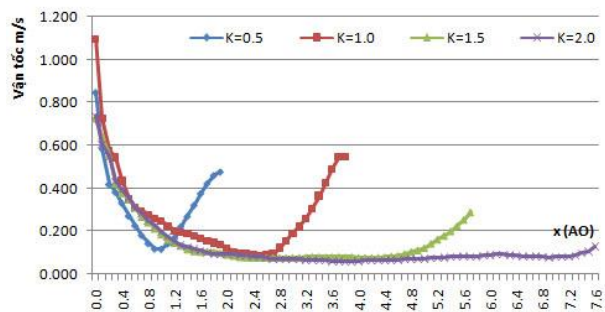
b. Thông gió xuyên phòng, $\alpha = 90^\circ$ (Hình 6)



Hình 6. Trường hợp thông gió xuyên phòng, $\alpha = 90^\circ$

Đề xuất giá trị K từ 0,5 đến 1,5 và hợp lý nhất là 1,0.

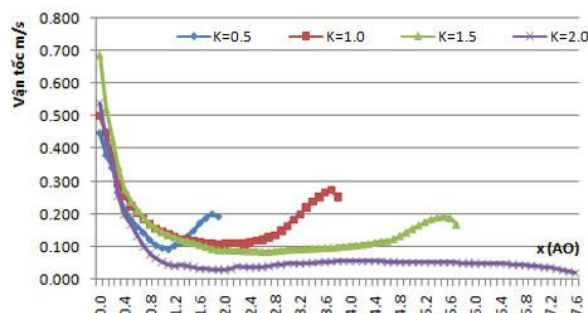
c. Thông gió xuyên phòng, $\alpha = 135^\circ$ (Hình 7)



Hình 7. Trường hợp thông gió xuyên phòng, $\alpha = 135^\circ$

Đề xuất giá trị K từ 1,0 đến 1,5 và hợp lý nhất là 1,0.

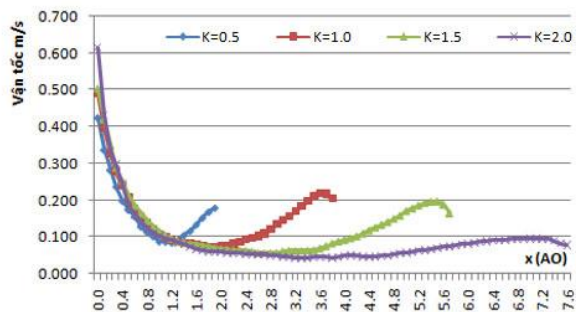
d. Thông gió một mặt, $\alpha = 45^\circ$ (Hình 8)



Hình 8. Trường hợp thông gió một mặt, $\alpha = 45^\circ$

Đề xuất giá trị K từ 1,0 đến 1,5 và hợp lý nhất là 1,0.

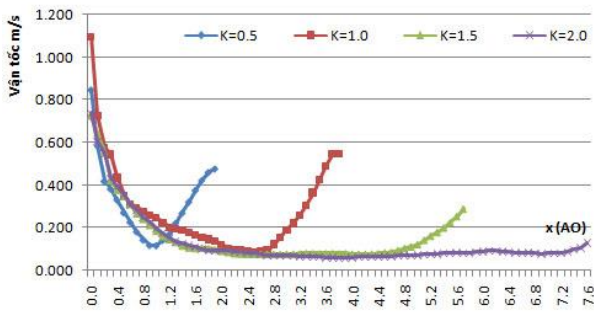
e. Thông gió một mặt, $\alpha = 90^\circ$ (Hình 9)



Hình 9. Trường hợp thông gió một mặt, $\alpha = 90^\circ$

Đề xuất giá trị K từ 1,0 đến 1,5 và hợp lý nhất là 1,0.

f. Thông gió một mặt, $\alpha = 135^\circ$ (Hình 10)



Hình 10. Trường hợp thông gió một mặt, $\alpha = 135^\circ$

Đề xuất giá trị K từ 0,5 đến 1,5 và hợp lý nhất là 1,0.

Tóm lại, căn cứ vào trường gió trong phòng và tổng hợp các đề xuất nêu trên (ở các mục 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 và 3.2.4) để đạt hiệu quả TGTN cao cho phòng, giá trị K nên chọn là từ 1,0 đến 1,5.

3.3. Bàn luận

Các quá trình vật lý liên quan đến TGTN rất phức tạp và việc giải thích vai trò của các quá trình này đến hiệu quả TGTN của công trình đòi hỏi những kiến thức chuyên sâu về thông gió. Đây thực sự là vấn đề khó khăn đối với hầu hết các nhà thiết kế. Trong quá trình thiết kế, các nhà thiết kế thường đưa ra các đánh giá, phân tích, tính toán về thông gió theo kinh nghiệm hay mang tính định tính. Do đó, việc đưa ra những kết quả có tính trực quan và hiệu quả TGTN của công trình kiến trúc được định lượng cụ thể sẽ có ý nghĩa về mặt lý luận và thực tiễn.

Kết quả nghiên cứu được nêu trong bài báo đã thể hiện trực quan, với những số liệu chi tiết về giá trị vận tốc gió, vec-tơ vận tốc gió tại từng điểm và trường gió trong phòng của 24 trường hợp nghiên cứu. Đồng thời, bài báo cũng đã đề xuất giá trị K từ 1,0 đến 1,5 cho thiết kế các phòng trong CCCT nhằm tạo ra hiệu quả TGTN tốt nhất. Đây là một cơ sở lý luận quan trọng cho các nhà thiết kế khi đề xuất tương quan kích thước phòng (hệ số K) hợp lý nhằm đạt được hiệu quả TGTN, hướng đến tiết kiệm năng lượng và kiến trúc bền vững cho các CCCT.

Các kết quả thu được bằng phương pháp CFD (sử dụng phần mềm Autodesk CFD 2017) trong một số điều kiện biên nhất định nên chưa thể bao quát tất cả các trường hợp thiết kế trong thực tế. Vì vậy, cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu với điều kiện biên được mở rộng, tiến hành quan trắc thực tế tại các công trình để so sánh kết quả mô phỏng cũng như căn chỉnh mô hình, nghiên cứu thêm một số mẫu thiết kế căn hộ đặc thù khác.

4. Kết luận

CCCT là loại hình nhà ở phổ biến và có xu hướng phát triển mạnh tại các đô thị trên thế giới và Việt Nam. Khai thác TGTN nhằm tiết kiệm năng lượng, thân thiện với môi trường tự nhiên cho loại hình CCCT là một trong những giải pháp hiệu quả góp phần vào sự phát triển bền vững của kiến trúc nói riêng và định hướng phát triển bền vững nói chung của Việt Nam.

Tương quan kích thước phòng (K) có ảnh hưởng đến hiệu quả TGTN trong phòng. Nghiên cứu đã đề xuất giá trị K từ 1,0 đến 1,5 để hiệu quả TGTN trong phòng là tốt nhất.

Các kết quả nghiên cứu trong bài báo là một đóng góp cho lý luận và thiết kế TGTN cho loại hình CCCT, nhằm tạo ra các không gian ở nói chung và phòng ở nói riêng được TGTN tốt, tiết kiệm năng lượng, thân thiện với môi trường và hướng đến sự bền vững trong kiến trúc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định số 2127/QĐ-TTg ngày 30/11/2011 về việc "Phê duyệt Chiến lược phát triển Nhà ở quốc gia đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2030"*, Hà Nội, 2011.
- [2] Francis Allard, *Natural ventilation in buildings: A design handbook*, James & James (Science Publishers) Ltd., London, 2002.
- [3] Phạm Ngọc Đăng, Nguyễn Việt Anh, Phạm Thị Hải Hà, Nguyễn Văn Muôn, *Các giải pháp thiết kế công trình xanh ở Việt Nam*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2014.
- [4] Phạm Đức Nguyên, *Kiến trúc sinh khí hậu: Thiết kế sinh khí hậu trong kiến trúc Việt Nam*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2012.
- [5] Nguyễn Tăng Thu Nguyệt, Việt Hà, Nguyễn Ngọc Giả, *Kiến trúc hướng dòng thông gió tự nhiên*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2014.
- [6] Leon Glicksman & Juintow Lin (Dịch giả: Trần Phú Thành), *Thiết kế nhà ở đô thị bền vững tại Trung Quốc - Các nguyên tắc chủ đạo và nghiên cứu điển hình về giảm sử dụng năng lượng*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 2014.
- [7] Ulrike Passe, Francine Battaglia, *Designing spaces for Natural ventilation: An Architect's Guide*, Routledge Publishers, New York & London, 2015.
- [8] M. Santamouris, A. Sfakianaki, K. Pavlou, "On the efficiency of night ventilation techniques applied to residential buildings", *Energy and Buildings*, Volume 42, 2010, pp. 1309-1313.
- [9] F. M. Silveira, L. C. Labaki, "Use of natural ventilation in reducing building energy consumption in single-family housing in Brazil", *IEEE*, DOI: 10.1109/REDEC.2012.6416709, 2012.
- [10] Chalermwat Tantasavasdi, Jelena Srebric, Qingyan Chen, "Natural ventilation design for houses in Thailand", *Energy and Buildings*, Volume 33, 2001, pp. 815-824.
- [11] Qingyan Chen, "Ventilation performance prediction for buildings: A method overview and recent applications", *Building and Environment*, Volume 44, Elsevier, 2009, pp. 848-858.
- [12] Nguyễn Anh Tuấn, *Bài giảng: Nhiệt và khí hậu kiến trúc*, Khoa Kiến trúc – Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, 2013.
- [13] A. Stamou, I. Katsiris, "Verification of a CFD model for indoor airflow and heat transfer", *Building and Environment*, Volume 41, Elsevier, 2006, pp. 1171-1181.

(BBT nhận bài: 11/9/2017, hoàn tất thủ tục phân biên: 10/10/2017)