

## ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ THÔNG GIÓ CỦA QUẢ CẦU HÚT NHIỆT VÀ SO SÁNH VỚI MỘT ỐNG THÔNG GIÓ ĐƠN GIẢN

TS. NGUYỄN QUỐC Ý, PGS.TS. NGUYỄN THỊ BÀ, KS. HÀ PHƯƠNG  
Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

*Tóm tắt: Trong bài báo, đặc tính thông gió của quả cầu hút nhiệt, thiết bị thông gió tự nhiên phổ biến nhất hiện nay, được so sánh với một thiết bị đơn giản và rẻ hơn: ống thông gió có nắp che. Các thí nghiệm được tiến hành trên một mô hình phòng ở dưới ảnh hưởng của nguồn nhiệt phân bố bên trong mô hình phòng và gió bên ngoài. Kết quả thí nghiệm cho thấy trong điều kiện thí nghiệm, ống thông gió hoạt động tốt hơn hoặc tương đương quả cầu.*

**Từ khóa:** Quả cầu hút nhiệt, ống thông gió, nguồn nhiệt, gió

### 1. Giới thiệu

Khủng hoảng năng lượng là một trong những vấn đề nghiêm trọng mà Việt Nam cũng như các nước trên thế giới đang đối mặt. Vì vậy, tiết kiệm năng lượng, khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng tự nhiên, năng lượng sạch đang ngày càng được quan tâm nhiều hơn.

Trong xây dựng, một trong những giải pháp tiết kiệm năng lượng là sử dụng năng lượng tự nhiên (gió hay mặt trời), để tạo ra sự lưu thông của không khí bên trong công trình nhằm đạt được các điều kiện sống và làm việc (nhiệt độ, độ ẩm,...) ở mức thoải mái hay chấp nhận được, thay thế cho quạt điện hay máy điều hòa không khí. Các giải pháp và thiết bị thông gió tự nhiên đã được đề xuất và áp dụng trên thế giới có thể được phân thành hai nhóm [1,2,3,4,5,6]: 1) sử dụng các hiệu ứng nhờ gió bên ngoài, như cửa lấy gió, quả cầu thông gió... và 2) sử dụng các hiệu ứng nhiệt từ nguồn nhiệt mặt trời, như ống khói mặt trời (solar chimney), tường Trombe,...

Trong các thiết bị hoạt động dựa trên các hiệu ứng nhờ gió, quả cầu thông gió, hay quả cầu hút nhiệt được sử dụng phổ biến nhất hiện nay. Quả cầu hoạt động theo nguyên tắc turbine-quạt. Quả cầu nhận năng lượng từ gió bên ngoài (hoạt động như turbine), quay và tạo ra áp suất chân không bên trong quả cầu. Áp suất chân không này giúp hút không khí từ bên trong công trình ra ngoài (hoạt động như quạt).

Mặc dù quả cầu đã được sử dụng phổ biến nhưng đặc tính làm việc và hiệu quả thông gió của nó vẫn được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm [4,5,6]. Lai [4] đo lưu lượng khí được hút ra từ các quả cầu với đường kính khác nhau khi tốc độ gió bên ngoài trong khoảng từ 10m/s đến 30m/s. Kết quả của ông cho thấy ở cùng một vận tốc gió, quả cầu có đường kính cổ 50 cm hút khí ra nhiều hơn hẳn so với một lỗ thông gió có cùng đường kính cổ (được tạo ra bằng cách tháo bỏ phần cánh turbine của quả cầu). Tuy nhiên, khi cánh turbine của quả cầu bị cố định, lưu lượng khí qua quả cầu ít hơn hẳn so với lỗ thông gió.

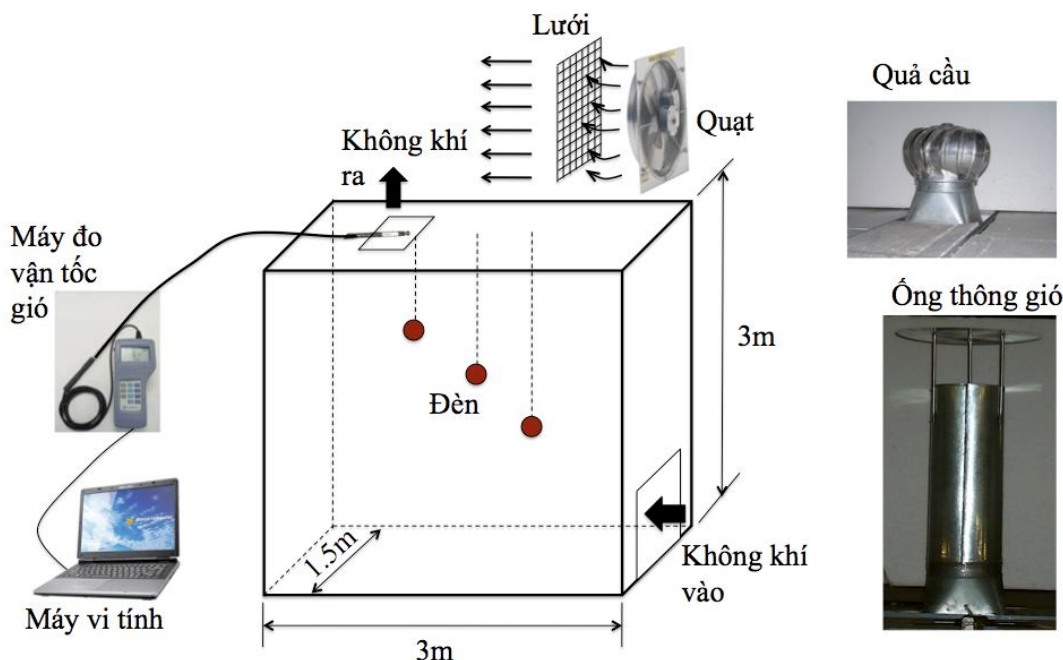
Huỳnh Bá Phước [5] và cộng sự của ông ở Đại học kỹ thuật Sydney so sánh vận tốc dòng khí thông qua một quả cầu, một ống ventury và một ống thẳng không có nắp đậy. Kết quả của các tác giả này cho thấy rằng, trong cùng một điều kiện gió bên ngoài và chênh lệch áp suất bên trong và bên ngoài, ống thẳng thông gió tốt nhất, kế đến là quả cầu và ống ventury.

Khan và cộng sự [6] cũng làm thí nghiệm với các thiết bị như Huỳnh Bá Phước [5] nhưng có thêm nắp đậy cho ống thông gió thẳng. Kết quả của họ cũng cho thấy ống thông gió thẳng vẫn cho tính năng tương tự như quả cầu có cùng đường kính cổ. Hơn nữa, khi thêm nắp đậy có dạng tấm phẳng hình tròn lên trên ống thẳng, hiệu quả thông gió của ống thông gió thay đổi không đáng kể.

Như được đề cập bởi Khan [1], quả cầu cũng có khả năng thông gió nhờ vào hiệu ứng nhiệt (buoyancy) khi không có gió bên ngoài. Tuy nhiên, chúng tôi chưa tìm thấy công trình nghiên cứu nào đề cập đến vấn đề này.

Vì vậy, hiệu quả thông gió của quả cầu so với các thiết bị có cấu tạo đơn giản và rẻ hơn như một ống thông gió thẳng, dưới ảnh hưởng của hiệu ứng nhiệt cần được tìm hiểu. Do đó, nhóm nghiên cứu về thông gió của chúng tôi ở Trường đại học Bách khoa Tp. HCM tiến hành làm thí nghiệm để so sánh hiệu quả thông gió của quả cầu với một ống thông gió thẳng, có nắp che, dưới ảnh hưởng kết hợp của các hiệu ứng do nhiệt và do gió bên ngoài.

## 2. Mô tả thí nghiệm



Hình 1. Mô hình thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm được mô tả trên hình 1.

Các thí nghiệm được thực hiện trên một mô hình phòng ở với kích thước (dài x cao x rộng) bằng 3m x 3m x 1,5m. Hai cửa thông gió được bố trí trên mô hình: lối gió vào bên dưới với kích thước (cao x rộng) bằng 0,8m x 0,6m, và lối gió ra trên mái là nơi đặt lần lượt hai thiết bị thông gió.

Một quạt điện được gắn trên mái để tạo luồng gió bên ngoài. Quạt có đường kính 40 cm, lưu lượng 60 m<sup>3</sup>/phút và công suất 50 W (theo nhà sản xuất). Quạt được đặt đối diện các thiết bị thông gió. Chiều cao quạt được điều chỉnh ứng với mỗi thiết bị sao cho tâm quạt luôn nằm ngang tâm của phần cánh turbine của quả cầu hay đỉnh của ống. Với cách bố trí này, luồng gió do quạt tạo ra bên ngoài chỉ đi qua thiết bị mà không ảnh hưởng trực tiếp đến dòng khí lưu thông qua phòng. Lượng khí lưu thông qua phòng chỉ hoàn toàn nhờ vào sự làm việc của thiết bị thông gió. Hơn nữa, để giúp gió đi thẳng khi ra khỏi quạt, hai tấm lưới sắt với kích thước lỗ 1 cm<sup>2</sup> được bố trí giữa quạt và thiết bị thông gió.

Nguồn nhiệt trong phòng được tạo ra bởi 15 bóng đèn dây tóc, mỗi bóng có công suất 200 W. Các bóng đèn được bố trí trên mặt phẳng thẳng đứng ở giữa phòng, tính theo chiều rộng mô hình, và giữa lối gió vào và lối gió ra tính theo chiều dài mô hình.

Thiết bị thông gió mà chúng tôi thử nghiệm bao gồm: một quả cầu hút nhiệt và một ống thông gió. Quả cầu hút nhiệt được mua ở một cơ sở sản xuất thủ công được giới thiệu là tốt nhất ở Thành phố Hồ Chí Minh, có 16 cánh, được làm bằng tôn và inox, và có đường kính cổ thoát bằng 21 cm. Ống thông gió cũng được làm bằng tôn và có đường kính bằng 21 cm, bằng với đường kính cổ thoát của quả cầu.

Chiều cao của quả cầu tính từ mái mô hình phòng đến miệng lỗ thoát là 18cm. Kích thước này của ống thông gió là 68 cm. Chiều cao này của ống thông gió cao hơn một chút so với chiều cao yêu cầu tối thiểu của dạng thiết bị này, nhằm hạn chế sự xâm nhập ngược của gió bên ngoài vào bên trong, được đề nghị bởi Awbi [3] là 0,5 m.

Nắp đậy trên đỉnh ống thông gió là một tấm phẳng hình tròn, có kích thước, theo Khan [6]: đường kính  $d$  của tấm bằng hai lần đường kính ống và cách đỉnh ống một khoảng  $h$  bằng  $3/4$  lần đường kính ống, cụ thể  $d = 42$  cm và  $h = 15$  cm.

Các thí nghiệm được thực hiện trong các điều kiện: chỉ có gió bên ngoài, chỉ có nguồn nhiệt bên trong, và kết hợp cả hai. Vận tốc gió bên ngoài được điều chỉnh bằng hai biến trở gắn với quạt và trong khoảng từ 0 m/s đến 3,6 m/s. Nguồn nhiệt bên trong được điều chỉnh bằng số lượng đèn được bật lên với các mức 1 KW, 2 KW và 3 KW (tương ứng 5, 10 và 15 bóng đèn được bật lên). Với các công suất nhiệt này, chênh lệch nhiệt độ không khí bên trong mô hình và bên ngoài vào khoảng 5°C, 10°C, 14°C.

Vận tốc gió được đo bằng thiết bị Kanomax A041 với thang đo có độ phân giải 1cm/s. Vận tốc gió bên ngoài được đo ở khoảng cách 20 cm phía trước các thiết bị thông gió. Vận tốc dòng khí từ bên trong phòng được hút ra ngoài qua hai thiết bị thông gió được đo ở tâm cổ thoát và ở cùng 1 vị trí cho cả hai trường hợp.

Nhiệt độ không khí bên ngoài được đo bằng nhiệt kế có thang đo từ 0°C đến 50°C với độ phân giải là 0,5°C. Như vậy, mức nhiệt độ nhỏ nhất có thể đọc được là 0,25°C. Nhiệt độ không khí ở lối ra cũng được đo bằng máy Kanomax A041, với độ phân giải là 0,1°C.

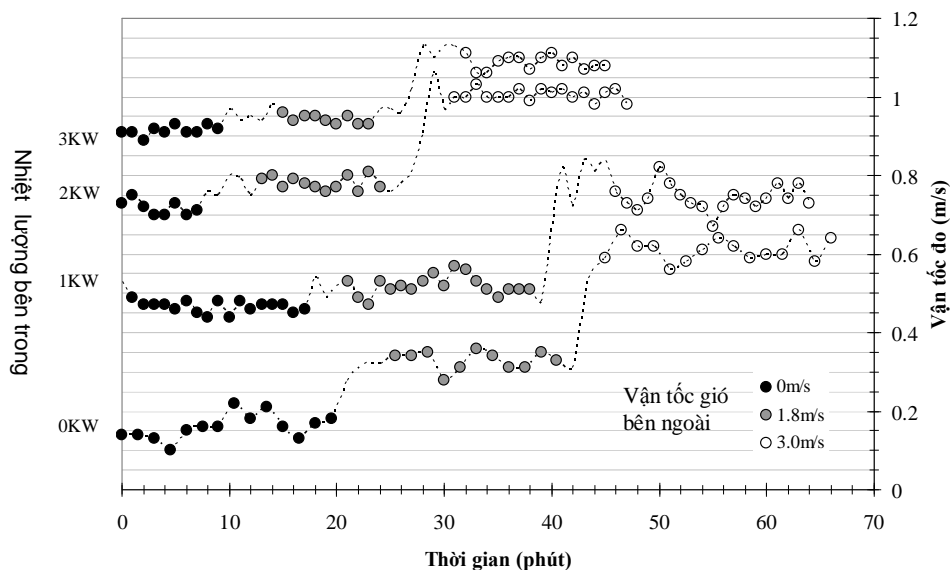
### 3. Kết quả

Vận tốc dòng khí lưu thông từ trong mô hình phòng qua hai thiết bị ra ngoài khi vận tốc gió bên ngoài và công suất nhiệt bên trong thay đổi theo thời gian được trình bày trên hình 2 cho quả cầu, và hình 3 cho ống thông gió.

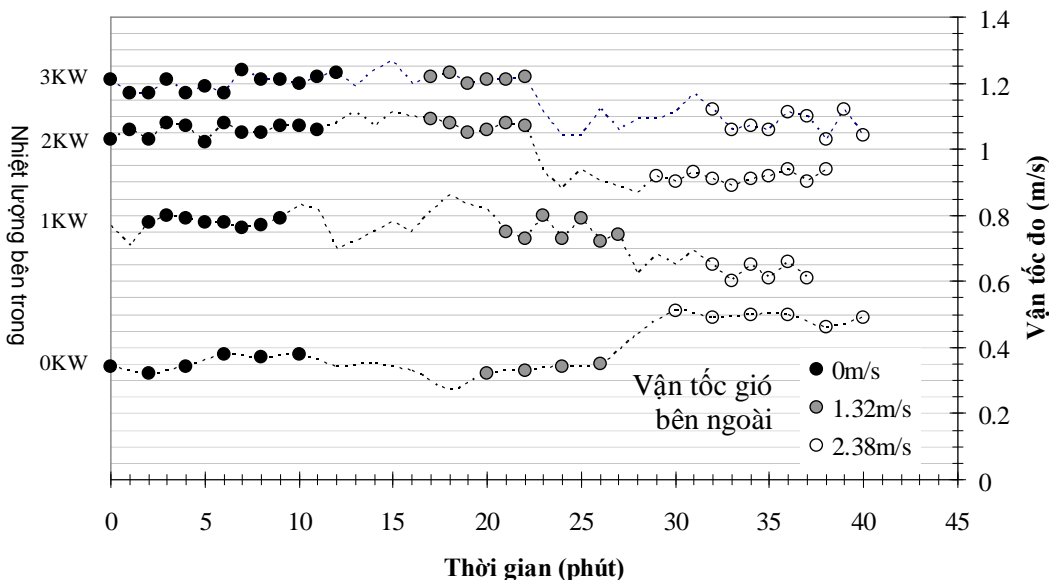
Đối với quả cầu, nhìn chung vận tốc dòng khí lưu thông qua thiết bị này tăng lên cả khi vận tốc gió bên ngoài hay công suất nhiệt bên trong tăng lên. Đối với trường hợp chỉ có gió bên ngoài mà không có nguồn nhiệt bên trong (0 KW), vận tốc gió bên ngoài ảnh hưởng rất rõ lên vận tốc khí thông qua quả cầu. Đối với các trường hợp có nguồn nhiệt bên trong (1 KW, 2 KW và 3 KW), vận tốc khí thông qua quả cầu không thay đổi nhiều khi vận tốc gió bên ngoài tăng từ 0 m/s đến 1.8 m/s và chỉ thay đổi đáng kể khi vận tốc gió bên ngoài là 3,0 m/s.

Từ hình 2, lưu ý rằng trong trường hợp không có gió bên ngoài và không có nhiệt bên trong (0 m/s, 0 KW), quả cầu không quay nhưng vẫn có dòng khí lưu thông qua quả cầu. Điều này có thể do ảnh hưởng của mái tôn phòng thí nghiệm: không khí trong phòng nóng dần lên do mái tôn hấp thụ nhiệt mặt trời, tạo ra chênh lệch nhiệt độ tự nhiên giữa đầu vào và đầu ra của mô hình phòng ở dẫn đến dòng khí lưu thông qua quả cầu. Khi chỉ có nguồn nhiệt bên trong mà không có gió bên ngoài (0m/s), quả cầu tự quay nhờ động lượng của luồng khí nóng thoát ra từ bên trong như một turbine. Trong các trường hợp này, nếu quả cầu bị cố định lại, vận tốc gió thông qua quả cầu giảm khoảng 20 % so với giá trị khi để quả cầu quay tự do như một turbine.

Như vậy, việc quả cầu bị cố định lại đã làm tăng trở lực lên dòng khí, dẫn đến tăng mất mát năng lượng và làm vận tốc dòng khí lưu thông qua quả cầu giảm đi.



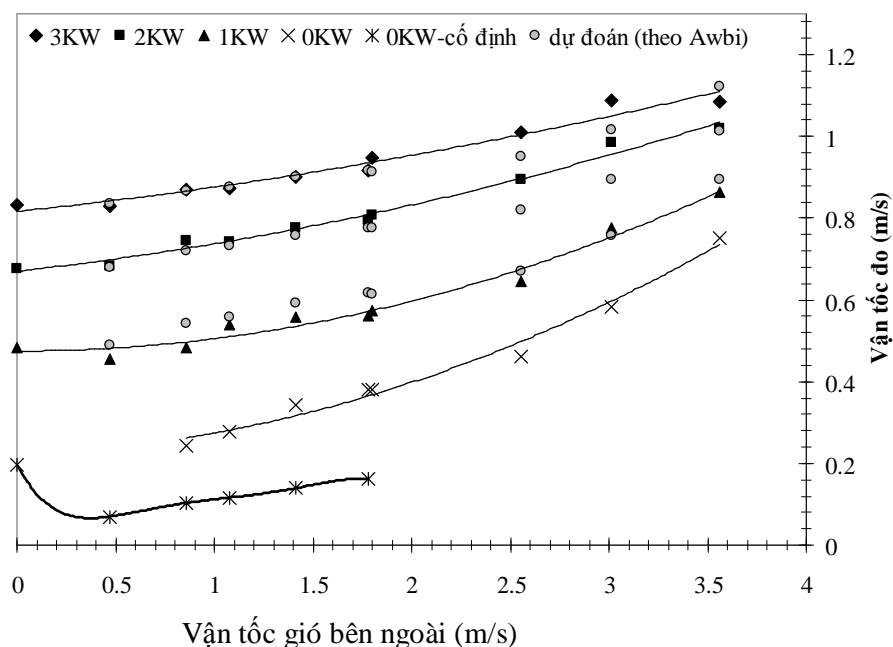
Hình 2. Vận tốc khí thông qua quả cầu thay đổi theo thời gian ứng với các chế độ nhiệt bên trong và gió bên ngoài



Hình 3. Vận tốc khí thông qua ống thông gió thay đổi theo thời gian ứng với các chế độ nhiệt bên trong và gió bên ngoài

Đối với ống thông gió, vận tốc dòng khí thông qua thiết bị này hầu như không thay đổi khi vận tốc gió bên ngoài tăng từ 0 m/s lên 1,32 m/s trong tất cả các trường hợp: có và không có nguồn nhiệt bên trong. Nếu vận tốc gió bên ngoài tiếp tục tăng đến 2,38 m/s, vận tốc khí thông qua ống tăng lên khi không có nguồn nhiệt bên trong (0 KW) nhưng lại giảm xuống khi có nguồn nhiệt bên trong. Việc dòng khí tự lưu thông qua ống thông gió trong trường hợp 0 KW và 0 m/s có thể được giải thích tương tự như đối với quả cầu.

Hình 4 cho thấy sự thay đổi của vận tốc khí thông qua quả cầu khi công suất nhiệt bên trong và vận tốc gió bên ngoài thay đổi. Giống như xu hướng được thể hiện trên hình 2, vận tốc khí thông qua quả cầu tăng lên dưới ảnh hưởng của cả nhiệt và gió.



Hình 4. Vận tốc dòng khí thông qua quả cầu ứng với các chế độ nhiệt bên trong và gió bên ngoài

Một điểm đáng lưu ý trên hình 4 là với vận tốc gió bên ngoài lớn hơn 0,5 m/s, quả cầu đã có thể tự quay. Khi bị cố định lại, trong trường hợp không có nguồn nhiệt bên trong (0 KW - cố định), vận tốc khí thông qua quả cầu giảm hơn hẳn so với trường hợp để quay tự do. Ví dụ, khi vận tốc gió bên ngoài xấp xỉ 1,4 m/s, vận tốc khí lưu thông qua quả cầu khi quay tự do là 0,34 m/s, nhưng khi bị cố định thì chỉ còn 0,14 m/s. Vì vậy, một quả cầu thông gió bị kẹt như thường thấy trên các mái nhà thì hiệu quả thông gió gần như không có.

Chúng tôi sử dụng một công thức thực nghiệm (Awbi [3]) để dự đoán vận tốc khí lưu thông qua quả cầu dưới ảnh hưởng kết hợp của hai yếu tố nhiệt và gió:

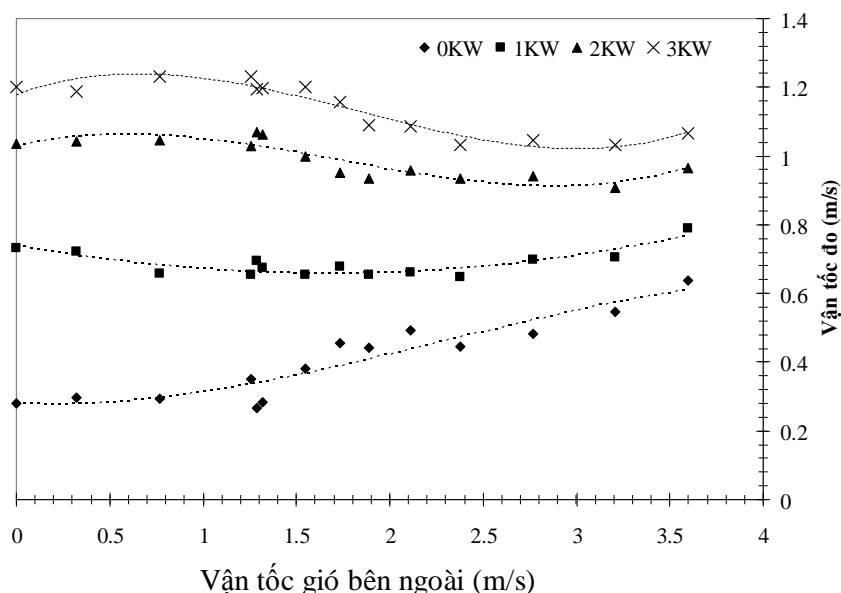
$$u = \sqrt{u_{wind}^2 + u_{bouyancy}^2} \quad (1)$$

Trong đó, các thành phần vận tốc khí lưu thông qua quả cầu:

- $u_{wind}$  - dưới ảnh hưởng của gió bên ngoài, không có nhiệt (0 KW);
- $u_{bouyancy}$  - dưới ảnh hưởng của nhiệt bên trong, không có gió bên ngoài (0 m/s);
- $u$  - dưới ảnh hưởng kết hợp của cả hai yếu tố.

Kết quả tính toán cho các trường hợp 1 KW, 2 KW, 3 KW được thể hiện bằng các ký hiệu hờ trên hình 4. Sai biệt lớn nhất giữa giá trị đo và giá trị dự đoán bằng công thức (1) chỉ vào khoảng 10 %. Điều đó cho thấy hiệu ứng nhiệt và hiệu ứng do gió bên ngoài có tác dụng hỗ trợ nhau trong việc tăng vận tốc khí lưu thông qua quả cầu.

Kết quả Khan [6] cho thấy rằng quả cầu hút nhiệt hoạt động tương tự như một quạt li tâm, tức là lưu lượng khí qua quả cầu tỉ lệ thuận với tốc độ quay của quả cầu. Trong thí nghiệm của chúng tôi, tốc độ quay của quả cầu tăng dần theo vận tốc gió bên ngoài. Do đó, lưu lượng hay vận tốc dòng khí lưu thông qua quả cầu cũng tăng dần, như có thể thấy trên hình 4.

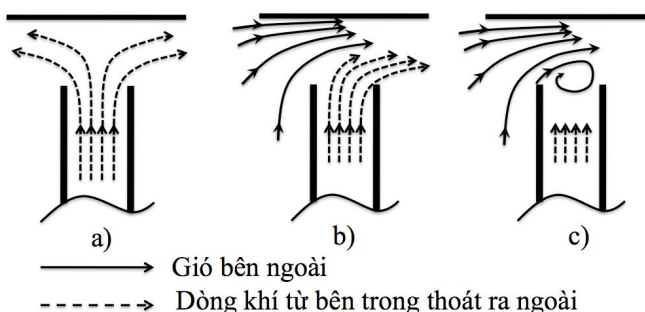


Hình 5. Vận tốc dòng khí thông qua ống thông gió ứng với các chế độ nhiệt bên trong và gió bên ngoài

Hình 5 cho thấy sự thay đổi của vận tốc dòng khí thông qua ống thông gió khi công suất nhiệt bên trong và vận tốc gió bên ngoài thay đổi.

Trong trường hợp không có nguồn nhiệt bên trong, vận tốc khí thông qua ống tăng lên cùng với vận tốc gió bên ngoài. Khi có thêm nguồn nhiệt bên trong, ở cùng một vận tốc gió bên ngoài, vận tốc khí thông qua ống tăng lên cùng với công suất nhiệt. Tuy nhiên, ở cùng một công suất nhiệt bên trong, vận tốc gió bên ngoài tăng lên lại có xu hướng làm giảm vận tốc khí thông qua ống. Điều này được thể hiện càng rõ khi công suất nhiệt bên trong càng tăng.

Như vậy, gió bên ngoài kết hợp với nhiệt bên trong làm giảm vận tốc khí thông qua ống. Do đó, hiệu ứng nhiệt kết hợp với hiệu ứng do gió bên ngoài không có tác dụng hỗ trợ nhau như trường hợp của quả cầu, mà gió bên ngoài có xu hướng cản trở dòng khí thoát ra ngoài nhờ hiệu ứng nhiệt. Do vậy, công (1) không thể áp dụng được cho trường hợp ống thông gió.



Hình 6. Mô tả tương tác của gió bên ngoài và dòng khí thoát ra từ ống thông gió. a) chỉ có nguồn nhiệt bên trong, b) nguồn nhiệt bên trong kết hợp gió bên ngoài, c) chỉ có gió bên ngoài

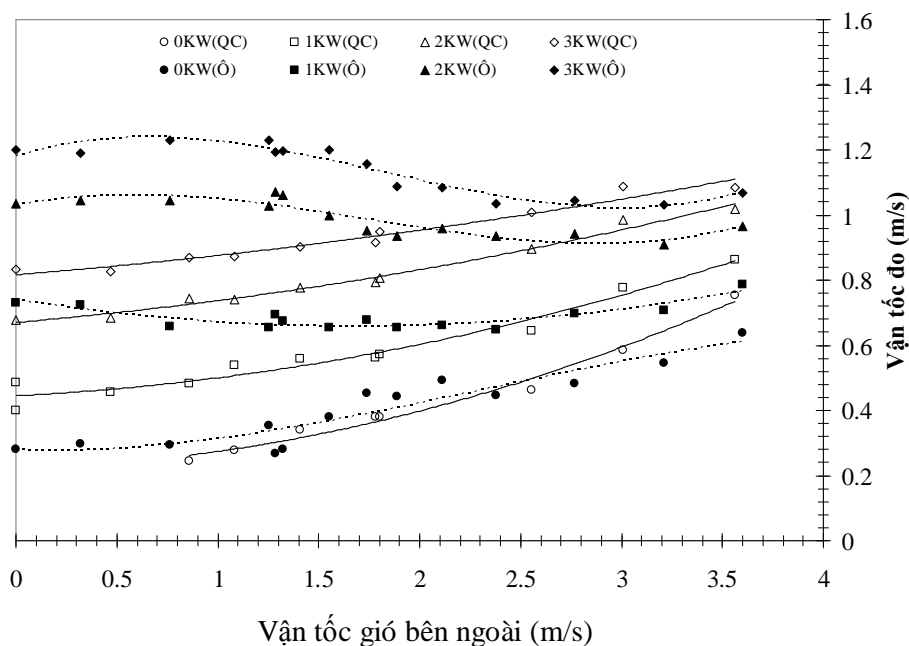
Ứng xử của dòng khí lưu thông qua ống thông gió có thể được giải thích theo tương tác giữa gió bên ngoài và dòng khí thoát ra từ ống thông gió như trên hình 6. Trong trường hợp chỉ có nguồn nhiệt bên trong (hình 6a), khí nóng bên trong phòng thoát tự do thoát ra ngoài theo hiệu ứng ống khói. Khi có thêm gió bên ngoài (hình 6b), dòng khí bị khống chế theo chiều gió bên ngoài, trở lực đối với dòng khí tăng làm giảm lượng

khí thoát ra ngoài. Vận tốc gió bên ngoài càng lớn làm trở lực này càng lớn, nên vận tốc dòng khí thoát ra ngoài càng giảm.

Trong trường hợp chỉ có gió bên ngoài mà không có nguồn nhiệt bên trong (hình 6c), dòng gió khi thổi qua đỉnh ống có thể bị tách dòng và tạo thành xoáy trên đỉnh ống. Đi kèm với xoáy là vùng áp suất chân không. Áp suất chân không này giúp hút không khí từ bên trong ra ngoài.

Khi vận tốc gió bên ngoài càng lớn, xoáy mạnh dần theo và áp suất chân không càng tăng, không khí bên trong càng được hút ra ngoài nhiều hơn, nên vận tốc dòng khí lưu thông qua ống tăng theo.

Khi vận tốc gió bên ngoài lớn, vùng tách dòng có thể xảy ra trong trường hợp ở hình 6b. Lúc này, áp suất chân không đi kèm có thể góp phần cùng với hiệu ứng nhiệt hút không khí bên trong ra ngoài, như xu hướng tăng dần của vận tốc khí đối với các trường hợp 1 KW, 2 KW và 3 KW ở khu vực từ 3m/s - 3,5 m/s trên hình 5.



Hình 7. Vận tốc dòng khí thông qua quả cầu và ống thông gió ứng với các chế độ nhiệt bên trong và gió bên ngoài. QC: Quả cầu, O: ống thông gió

Ta có thể thể hiện kết quả thu được từ thí nghiệm thông khí qua quả cầu và ống thông gió chung trên hình 7. Đối với trường hợp không có nguồn nhiệt bên trong (0 KW) và vận tốc gió bên ngoài thay đổi, hai đường phân bố vận tốc dòng khí thông qua quả cầu và thông qua ống thông gió hầu như trùng nhau. Trong các trường hợp có thêm nguồn nhiệt bên trong (1KW, 2 KW, 3 KW), khi vận tốc gió bên ngoài nhỏ trong khoảng từ 0 m/s đến 2,6 m/s, các đường phân bố của quả cầu luôn thấp hơn của ống thông gió. Khi vận tốc gió bên ngoài tăng lên trong khoảng từ 2,6 m/s đến 3,6 m/s, các đường phân bố của quả cầu, mặc dù nằm trên các đường tương ứng của ống thông gió nhưng sự khác biệt này chưa đáng kể.

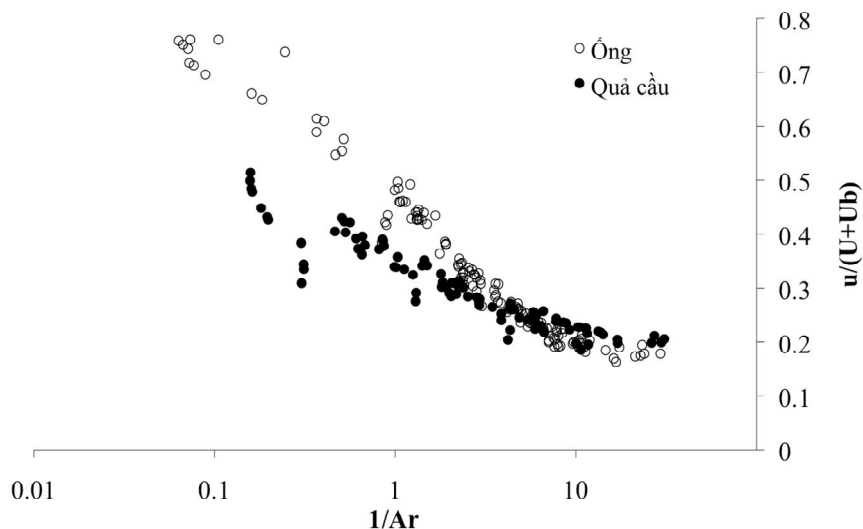
Như vậy, trong điều kiện thí nghiệm này, ở cùng một điều kiện công suất nhiệt bên trong và vận tốc gió bên ngoài, vận tốc dòng khí thông qua quả cầu luôn nhỏ hơn hay tương đương với vận tốc thông qua ống thông gió. Do vậy, quả cầu chưa cho thấy sự vượt trội về khả năng thông gió so với ống thông gió, mặc dù có cấu tạo phức tạp hơn và có giá cao hơn gấp khoảng 3 lần.

Để kiểm tra sự lặp lại của các kết quả đo, chúng tôi cũng đã lặp lại một số thí nghiệm với các cách tạo ra vận tốc gió bên ngoài khác nhau. Đối với ống thông gió, vận tốc gió ở khoảng 1,35 m/s và đối với quả cầu, vận tốc gió ở khoảng 1,8 m/s được tạo ra trong hai hay ba chuỗi thí nghiệm khác nhau bằng cách kết hợp các tấm

lưới chắn phía trước quạt và điện trở quạt. Kết quả cho thấy các giá trị đo được của vận tốc dòng khí của các chuỗi thí nghiệm ở cùng một vận tốc gió gần như trùng nhau, có thể thấy trên hình 4, 5, 7.

Để tìm ra quy luật chung thể hiện ảnh hưởng của các hiệu ứng do nhiệt và do gió, chúng tôi thể hiện kết quả sử dụng các số vô thứ nguyên (Ehteridge [7]):  $1/Ar$  và  $u/(U + Ub)$  như trên hình 8, trong đó:

- $U$  - vận tốc gió bên ngoài, thể hiện ảnh hưởng của gió (m/s);
- $Ub = \sqrt{\frac{\Delta T gh}{T}}$  - vận tốc dòng khí do hiệu ứng ống khói, thể hiện ảnh hưởng của nhiệt (m/s);
- $1/Ar = 1/\left(\frac{\Delta\rho gh}{\rho U^2}\right) = \frac{\rho U^2}{\Delta\rho gh}$  - nghịch đảo của số Archimedes (vô thứ nguyên);
- $h$  - độ cao chênh lệch giữa lối vào của mô hình và đỉnh của ống thông gió hay tâm của quả cầu (lối ra của không khí) (m);
- $\Delta T$  - chênh lệch nhiệt độ của không khí ở lối vào và lối ra ( $^{\circ}K$ );
- $\Delta\rho$  - chênh lệch khối lượng riêng không khí giữa lối vào và lối ra, được tính theo chênh lệch nhiệt độ  $\Delta T$  ( $kg/m^3$ );
- $T$  - nhiệt độ không khí ở lối vào ( $^{\circ}K$ ).



**Hình 8.** Vận tốc dòng khí thông qua quả cầu và ống thông gió ở các chế độ nhiệt và gió được thể hiện dưới dạng vô thứ nguyên



Tỉ số  $1/Ar$  lớn thể hiện ảnh hưởng của gió bên ngoài lớn hơn so với ảnh hưởng của nhiệt bên trong và ngược lại. Ba đường phân bố vận tốc dòng khí qua quả cầu ứng với các trường hợp 1 KW, 2 KW và 3 KW trên hình 4 và ba đường tương ứng của ống thông gió trên hình 5, hội tụ lại thành hai đường theo các số vô thứ nguyên như trên hình 8. Chúng tôi lưu ý rằng các kết quả trên hình 4, 5, 7 là những giá trị trung bình từ nhiều lần đo ứng với một vận tốc gió bên ngoài và công suất nhiệt bên trong, trong khi các kết quả trên hình 8 là tập hợp của các số liệu tất cả các lần (số liệu thô).

Với  $1/Ar$  nhỏ hơn xấp xỉ 8, giá trị  $u/(U + Ub)$  của ống thông gió cao hơn hẳn quả cầu. Với  $1/Ar$  lớn hơn 8, các giá trị  $u/(U + Ub)$  của hai thiết bị là như nhau và hội tụ ở giá trị xấp xỉ 0,2. Như vậy, trong khoảng tỉ số  $1/Ar$  nhỏ ống thông gió hoạt động vượt trội hơn hẳn quả cầu. Trong các khoảng còn lại, hai thiết bị có tính năng tương đương nhau. Nói cách khác, khi ảnh hưởng của gió nhỏ hơn ảnh hưởng của nhiệt (vận tốc gió thấp, có nguồn nhiệt bên trong) ống thông gió hoạt động hiệu quả hơn hẳn quả cầu.

#### 4. Kết luận

Thí nghiệm được tiến hành trên một mô hình phòng ở để đánh giá và so sánh khả năng thông gió của quả cầu hút nhiệt và một ống thông gió có nắp che, thông qua việc đo đạc vận tốc dòng khí lưu thông từ bên trong phòng ra ngoài qua hai thiết bị, dưới ảnh hưởng của nguồn nhiệt bên trong và gió bên ngoài. Kết quả thí nghiệm cho thấy quả cầu không thật sự hiệu quả hơn ống thông gió, đặc biệt trong trường hợp vận tốc gió bên ngoài nhỏ và có nguồn nhiệt bên trong, mặc dù giá thành của quả cầu cao hơn ống thông gió gấp 3 lần.

*Lời cảm ơn:*

Nghiên cứu được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu cấp Đại học Quốc gia Tp.HCM năm 2011.

Các tác giả chân thành cảm ơn sự tư vấn quý báu của TS. Huỳnh Bá Phước ở Đại học Kỹ thuật Sydney, và các Thầy Cô ở Bộ môn Cơ lưu chất, Khoa KT Xây dựng, Đại học Bách Khoa Tp. HCM đã nhiệt tình ủng hộ và giúp đỡ.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. KHAN N., SU Y., RIFFAT S. B., "A review on wind driven ventilation techniques". *Energy and Buildings*, 40, 1586-1604 (2008).
2. LINDEN P. F., "The fluid mechanics of natural ventilation". *Annual review of fluid mechanics*, 31, 201-238, (1999).
3. AWBI H., *Ventilation of buildings*, Spon Press, London and New York (2003).
4. LAI C.M., "Experiments on the ventilation efficiency of turbine ventilators used for building and factory ventilation". *Energy and Buildings*, 35, 927-932 (2003).
5. REVEL A., HUYNH B.P., "Characterizing roof ventilators". *15<sup>th</sup> Australasian Fluid Mechanics Conference, The University of Sydney, Sydney, Australia, 13-17 December 2004*.
6. KHAN N., SU S., RIFFAT S.B., BIGGS C., "Performance testing and comparison of turbine ventilators", *Renewable Energy*, 33, 2441-2447 (2008).
7. ETHERIDGE D.W., Nondimensional methods for natural ventilation design, *Building and environment*, 37, 1057-1072 (2002).

