

Tính toán, chế tạo và kiểm nghiệm hầm gió tốc độ thấp

■ **ThS. TRẦN TUẤN ANH**

Trường Đại học Thủy lợi

TÓM TẮT: Bài báo trình bày kết quả tính toán, chế tạo và kiểm nghiệm hầm gió (ống khí động) tốc độ thấp để phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu. Sản phẩm nghiên cứu này được sử dụng để đo dòng lưu chất đi qua các mô hình thu nhỏ như ô tô, máy bay, công trình xây dựng... làm tài liệu tham khảo cho các nhà sản xuất lựa chọn biên dạng phù hợp. Để đánh giá chất lượng sản phẩm chế tạo, nhóm tác giả đã đo một số thông số chính của ống khí động, ngoài ra có sử dụng thêm thiết bị tạo khói và cảm biến vận tốc để tăng tính trực quan. Sản phẩm của đề tài đảm bảo yêu cầu cho công tác giảng dạy và nghiên cứu khoa học.

TỪ KHÓA: Ống khí động, trực quan hóa, hệ số lực cản, hình dáng khí động học.

ABSTRACT: This paper presents the results of calculation, fabrication and testing of low-speed wind tunnels for training and research purposes. This research product is used to measure the flow rate of the fluid that flows through models such as cars, airplanes, construction, etc., as well as reference for manufacturers in choosing suitable contour. For considering the quality of manufactured products, the main parameters of the aerodynamic pipe are measured. Beside that, the model are integrated with smoke-generator device and a velocity sensor to increase visualization effects. The results meet the requirements for academic training and scientific research.

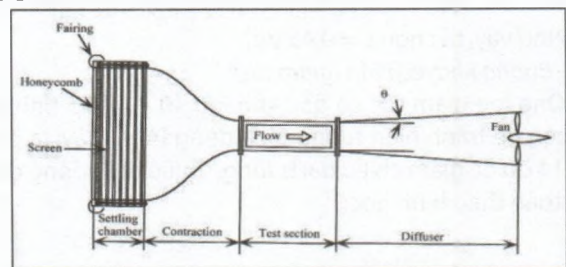
KEYWORDS: Wind tunnel, observation, drag coefficient, aerodynamic shape.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khí động học chính là quá trình nghiên cứu các tính chất và yếu tố của không khí chuyển động và sự tương tác giữa không khí và chất rắn di chuyển qua nó, liên quan đến CFD (computational fluid dynamics), tính toán động lực học chất lưu, các vấn đề về khí động học trong kỹ thuật, mô phỏng tác động của dòng chảy nhiệt trong các quá trình; tính toán, tìm kiếm các giải pháp về tính chất khác nhau của dòng chảy như vận tốc, áp suất, mật độ, nhiệt độ...

Đường ống khí động là thiết bị dùng để nghiên cứu dòng chảy của chất lỏng qua các bề mặt cứng như sự tương tác của những bề mặt này với dòng chảy. Các bề mặt này thường là mô hình (với tỉ lệ thu nhỏ hoặc tỉ lệ thực) của những vật thể/phương tiện cần thiết kế hoặc kiểm tra. Kết quả của những thí nghiệm này mô phỏng một cách chính xác khí động học của các phương tiện/vật thể trong quá trình làm việc thực tế.

Ống khí động có hai loại là ống khí động kín và ống khí động hở. Ở nghiên cứu này, nhóm tác giả thiết kế chế tạo ống khí động dạng hở có buồng thử kín. Trong đó, không khí đầu tiên được hút qua một lớp tổ ong để nắn dòng, tiếp theo là một ống hội tụ để tăng tốc độ dòng khí nhằm đạt được tốc độ mong muốn trong buồng thử, khí đi qua buồng thử, cuối cùng không khí thoát ra bên ngoài qua ống giảm tốc hình côn loe như trong Hình 1.1.



Hình 1.1: Sơ đồ nguyên lý ống khí động [1]

2. THIẾT KẾ CHẾ TẠO ỐNG KHÍ ĐỘNG PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU VÀ ĐÀO TẠO

Mục tiêu của nghiên cứu là thiết kế ống khí động tốc độ 17 m/s, dạng hở buồng thử kín phục vụ đào tạo sinh viên đại học thực hiện các khảo sát thực nghiệm, trực quan hóa dòng lưu chất khí đi qua các mô hình thu nhỏ. Ống khí động bao gồm 5 thành phần chính là lớp tổ ong nắn dòng, ống hội tụ để tăng tốc, buồng thử để thử nghiệm, ống loe phân kỳ để giảm tốc và phân truyền động tạo ra năng lượng cho ống (quạt gió) [2, 3, 4].

2.1. Lựa chọn quạt gió và xác định các kích thước của ống khí động

2.1.1. Lựa chọn quạt

Ở đề tài này, mục đích chế tạo hầm gió phục vụ đào tạo sinh viên nên lựa chọn quạt, phân tích phần thử nghiệm đã được thực hiện khi lưu lượng dòng chảy khối lượng là 0,25 m³/s và vận tốc lớn nhất trong đoạn thử nghiệm là 17 m/s. Vận tốc này không quá lớn và phù hợp với quạt gió được chọn sẵn có trên thị trường. Kích thước của quạt sẽ ảnh hưởng đến thiết kế phần khuếch tán và phần thử nghiệm.

Ta lựa chọn quạt gió có model SHR400 là loại quạt

hút công nghiệp được chế tạo trong nước:

Đường kính cánh (m)	Chiều rộng vỏ (m)	Chiều dài vỏ (m)	Lưu lượng max (m ³ /s)
0,31	0,4	0,4	0,25

2.1.2. Xác định các kích thước của ống khí động

- Phần thử nghiệm:

Phương trình liên tục được áp dụng để tính toán dòng chảy trong ống khí động tốc độ thấp:

$$Q = A \cdot v \tag{1}$$

Với: Q - Lưu lượng dòng khí (m³/s);

A - Diện tích mặt cắt ngang phần thử nghiệm (m²);

v - Vận tốc dòng khí trong phần thử nghiệm (m/s).

Với vận tốc mong muốn v = 17 m/s, ta tính được diện tích mặt cắt ngang của buồng thử:

$$A_m = \frac{Q}{v} = \frac{0,25}{17} = 0,0147 \text{ (m}^2\text{)} \tag{2}$$

Với buồng thử mặt cắt hình vuông, kích thước buồng thử là:

$$H_m = \sqrt{A_m} = \sqrt{0,0147} = 0,12 \text{ (m)} \tag{3}$$

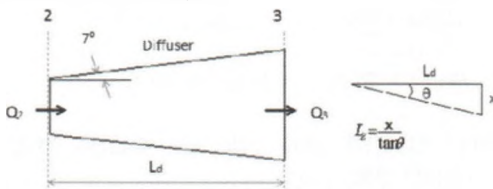
Chiều dài của buồng thử được tính sao cho dòng chảy phát triển ổn định trong buồng thử. Với tỷ lệ chiều dài (L)/đường kính thủy lực (D_{tn}) đảm bảo nằm trong khoảng 3 đến 5 lần [5], D_{tn} = 0,12 là tiết diện vuông phần thử nghiệm:

$$L = (3 \div 5) \times D_m = (3 \div 5) \cdot 0,12 = 0,36 \div 0,6 \text{ (m)} \tag{4}$$

Như vậy, ta chọn L = 0,45 (m).

- Buồng khuếch tán (giảm tốc):

Ống loe giảm tốc có góc khoảng 10 - 14 độ, tính cho hai bên để tránh hiện tượng tách dòng [4]. Ở đây, ta chọn góc 14 độ để giảm chiều dài buồng. Chiều dài buồng được tính toán theo hình học:



Hình 2.1: Sơ đồ tính buồng giảm tốc

Chiều dài buồng giảm tốc:

$$L_{ki} = \frac{x}{\tan \theta} = \frac{(D_q - H_m)}{\tan 7^\circ} = \frac{(0,31 - 0,12) / 2}{\tan 7^\circ} = 0,77 \text{ (m)} \tag{5}$$

Với: D_q - Cạnh mặt cắt hình vuông buồng giảm tốc phía lớn lấy bằng với đường kính quạt.

- Buồng nón co (tăng tốc):

Tỷ lệ co từ 6 đến 9 lần về diện tích mặt cắt thường được sử dụng cho ống khí động loại nhỏ [2]. Nguyên lý của buồng tăng tốc là lấy một khối lượng lớn không khí và thu lại diện tích nhỏ để đạt mật độ dòng cao hơn [3].

Ở đây, chọn tỷ số co là 6, ta có:

$$A_T = 6 \cdot A_m = 6 \cdot (0,12 \cdot 0,12) = 0,08 \text{ (m}^2\text{)} \tag{6}$$

Với: A_T - Diện tích hình vuông hình nón co đầu vào, A_m là diện tích phần thử nghiệm.

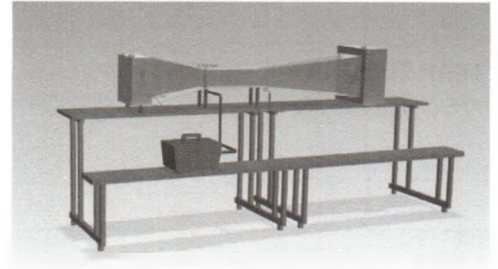
Chiều dài cạnh mặt cắt hình vuông của hình nón co phần đầu vào:

$$H_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,08} = 0,3 \text{ (m)} \tag{7}$$

Chiều dài của hình nón co bằng một nửa cạnh co đầu vào

$$L_c = 0,5 \cdot H_c = 0,5 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ (m)} \tag{8}$$

- Bản vẽ lắp ráp của hầm gió:



Hình 2.2: Hầm gió sau thiết kế

2.1.3. Trang thiết bị thí nghiệm

- Máy tạo khói:

Thành phần này để tạo ra khói trắng dày đặc đưa vào đường hầm theo hướng song song. Đặc tính của khói như trọng lượng riêng... sẽ ảnh hưởng lớn đến thí nghiệm. Máy tạo khói cầm tay được mua ngoài thị trường, sử dụng tốt trong những phòng hát Karaoke gia đình, sân khấu cỡ nhỏ, phòng trà...



Hình 2.3: Máy tạo khói, biến tần và máy đo tốc độ gió

- Biến tần: Để thay đổi tốc độ của quạt gió nhằm thay đổi lưu lượng và tốc độ gió bên trong phần quan sát.

- Thiết bị đo tốc độ gió:

Lựa chọn thiết bị Tenmars Tm-4001 được dùng rộng rãi để đo lưu lượng gió, lưu lượng gió ngoài trời, quạt thông gió, đường ống, hòng gió máy lạnh...

2.2. Chế tạo mô hình

- Vật liệu:

Có thể gia công chế tạo ống khí động này bằng nhiều loại vật liệu khác nhau như thép cán mỏng, nhựa, mica... Nghiên cứu này chế tạo nó bằng vật liệu mica nhằm mục đích tiết kiệm chi phí, dễ gia công, thuận tiện quan sát cấu trúc dòng chảy.



Hình 2.4: Chế tạo phần buồng lắng, nón co, phần quan sát và buồng khuếch tán



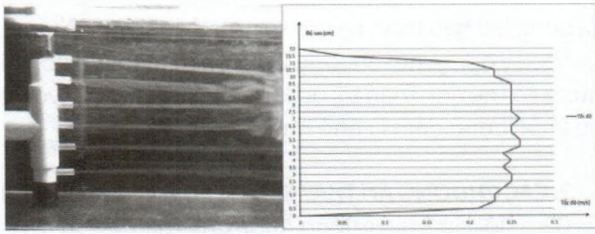
Hình 2.5: Chế tạo và lắp quạt, lắp hoàn chỉnh hầm gió

3. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các bước thử nghiệm

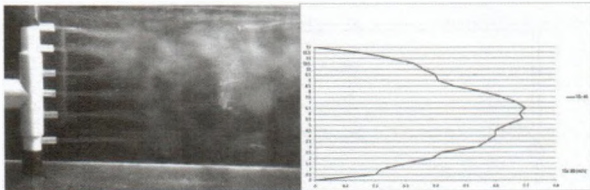
- Tính toán số Re;
- Chuẩn bị khối bằng máy tạo khói;
- Đảm bảo độ kín của hầm gió;
- Vận hành quạt với các tốc độ khác nhau khi không mô hình và có mô hình trong buồng thử. Quạt điều khiển tốc độ hay lưu lượng bằng biến tần;
- Mở van khói để nhả khói vào phần thử nghiệm thông qua ống dò;
- Chụp ảnh luồng không khí có khói trong phần thử nghiệm bằng camera tốc độ cao;
- Đo vận tốc trong buồng thử.

3.2. Kết quả thử nghiệm



Hình 3.1: Hình ảnh và cấu hình vận tốc dòng chảy không khí trong phần thử nghiệm ở lưu lượng $0,003226 \text{ m}^3/\text{s}$, số Re bằng 1804

Hình ảnh quan sát bằng camera trên Hình 3.1 cho thấy đường dòng trong buồng thử khá đồng nhất. Các đồ thị cho thấy vận tốc không khí trong buồng thử có dạng parabol đẹp. Như vậy, có thể xem như dòng chảy là đồng nhất (các thông số vận tốc, áp suất và mật độ không khí phân bố tương đối đều trên một mặt cắt, số Re nhỏ hơn 2000).



Hình 3.2: Hình ảnh và cấu hình vận tốc dòng chảy không khí trong phần thử nghiệm ở lưu lượng $0,006336 \text{ m}^3/\text{s}$, số Re bằng 3544

Các hình ảnh quan sát bằng camera và Hình 3.2, đường dòng trong phần thử nghiệm bắt đầu rối loạn, ta có thể xem là dòng chảy rối, Re là 3544.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả trên ta thấy sản phẩm ống khí động thiết kế chế tạo đạt các tiêu chí:

- Tạo ra môi trường dòng chảy không khí đồng nhất;
- Có thể dễ dàng quan sát dòng chảy trong phần thử nghiệm bằng camera;
- Dễ dàng đo đạc thông số động học và đưa các vật mẫu vào phần thử nghiệm;

Từ đây, ống khí động này có thể sử dụng để quan sát cấu hình dòng chảy không khí khi đi qua vật mẫu, khảo sát các mô hình thu nhỏ phục vụ đào tạo sinh viên đại học.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Smits A. J and Lim T.T (2000), *Flow Visualization: Techniques and Examples*, Imperial College Press.
- [2]. Mehta and Bradshaw (1979), *Design Rules for Small Low Speed Wind Tunnel*, Aeronautical Journal.

[3]. Chi-fu Wu and Jessie William (2005), *Design, Construction and Testing an Educational Subsonic Wind Tunnel*, Savannah State University.

[4]. Barlow, Jewl (1999), *William Rae and Alan Pope, Low Speed Wind Tunnel Testing*, 3rd Edition. New York.

[5]. *Introducing the KEYENCE FD-M Series Flow Sensor*.

Ngày nhận bài: 01/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 02/7/2022

Người phản biện: TS. Nguyễn Thành Trung
TS. Nguyễn Ngọc Linh