

BẢN TIN KHOA HỌC



Số 2/2026 (Số 55)

CƠ KHÍ

ISSN: 2354 - 1164

NĂNG LƯỢNG - MỎ

MECHANICAL ENGINEERING BULLETIN FOR MINING AND ENERGY

VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ - VINACOMIN

VỮNG BƯỚC DƯỚI CỜ ĐẢNG
KHẲNG ĐỊNH TẦM VÓC KỸ NGUYÊN MỚI

Chào mừng
NGÀY QUỐC TẾ
PHỤ NỮ
8/3

TIẾN TỚI CHÀO MỪNG

30/4 & 1/5

GIẢI PHÓNG MIỀN NAM
THỐNG NHẤT ĐẤT NƯỚC

QUỐC TẾ
LAO ĐỘNG





CHỊU TRÁCH NHIỆM NỘI DUNG

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP:

TS. Nguyễn Thu Hiền

Viện trưởng Viện Cơ khí
Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

PHÓ TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP:

TS. Đỗ Trung Hiếu

Phó Viện trưởng Viện Cơ khí
Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

BAN BIÊN TẬP:

Ks. Lê Việt Hoàng – Ủy viên Thư ký
ThS. Trần Đức Thọ – Ủy viên
TS. Lê Thanh Bình – Ủy viên
ThS. Nguyễn Chân Phương – Ủy viên

TÒA SOẠN:

Địa chỉ: Số 565 đường Nguyễn Trãi, Phường
Thanh Liệt, TP Hà Nội

ĐT: (024) 3854 2572 Fax: (024) 3854 3154

Email: info@iemm.com.vn

Giấy phép xuất bản số 40/GP-XBBT ngày
17/7/2024 của Cục Báo chí

MỤC LỤC

Số 2/2026 (Số 55 – Tháng 3-4/2026)

TIN TỨC

- 1 - QUÝ I NĂM 2026, TKV SẢN XUẤT ƯỚC ĐẠT 9,53 TRIỆU TẤN THAN NGUYÊN KHAI
- 4 - TKV THAM GIA TRIỂN LÃM MINING & CONSTRUCTION VIETNAM 2026, THÚC ĐẨY HỢP TÁC VÀ ĐỔI MỚI CÔNG NGHỆ NGÀNH KHAI KHOÁNG
- 6 - VỮNG BƯỚC DƯỚI CỜ ĐẢNG QUYẾT TÂM ĐƯA NGHỊ QUYẾT ĐẠI HỘI XIV VÀO CUỘC SỐNG KHƠI DẬY KHÁT VỌNG – KHẲNG ĐỊNH TẦM VÓC KỸ NGUYÊN MỚI
- 8 - ĐOÀN CÔNG TÁC VIỆN HỢP CHUẨN THÍ NGHIỆM HÀN QUỐC THĂM VÀ LÀM VIỆC TẠI VIỆN CƠ KHÍ NĂNG LƯỢNG VÀ MỎ – VINACOMIN

CƠ KHÍ

- 11 - PHÂN TÍCH CÔNG NGHỆ PHANH ĐĨA THỦY LỰC THƯỜNG ĐÓNG DỪNG CHO TỜI CÁP TREO CHỖ NGƯỜI TRONG MỎ HÀM LÒ VÀ ĐỀ XUẤT CẢI TIẾN KẾT CẤU PHÙ HỢP CHẾ TẠO TRONG NƯỚC
- 18 - ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP BỀ MẶT ĐÁP ỨNG TRONG TỐI ƯU HÓA THIẾT KẾ KẾT CẤU BỘ DI CHUYỂN MÁY KHẤU THAN
- 28 - ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ VÀ THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TRƯỜNG VẬN TỐC DÒNG CHẢY SAU QUẠT HƯỞNG TRỰC
- 37 - SO SÁNH CÔNG NGHỆ THẤU XẠ TIA X (XRT) VÀ ROBOT/AI TRONG PHÂN TÁCH THAN - ĐÁ THẢI
- 42 - NÂNG CAO HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA BẠC TRƯỢT MÁY KHẤU THAN BẰNG KỸ THUẬT BỀ MẶT: HIỆN TRẠNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN
- 59 - HIỆN TRẠNG VÀ TRIỂN VỌNG PHÁT TRIỂN NGHIÊN CỨU ĐỐI VỚI CÁC CẶP MA SÁT CHÍNH CỦA BƠM PISTON HƯỚNG TRỰC ÁP CAO

TỰ ĐỘNG HOÁ

- 71 - CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO VÀ BẢO VỆ RÒ ĐIỆN CỦA THIẾT BỊ ĐÓNG CẮT TRONG MỎ HÀM LÒ ĐỂ ĐẢM BẢO AN TOÀN ĐIỆN
- 76 - PHÁT HIỆN VÀ NGĂN CHẶN SỰ CỐ HỒ QUANG ĐIỆN TRONG LƯỚI ĐIỆN MỎ HÀM LÒ: GIẢI PHÁP KẾT HỢP CẢM BIẾN QUANG HỌC VÀ MẠNG LSTM
- 83 - CẤU TRÚC TRUYỀN THÔNG MẪU CHO CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ VÀ CỤM THIẾT BỊ TẠI MỎ THAN HÀM LÒ: TỔNG QUAN TỪ THỰC TIỄN TRUNG QUỐC

ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ VÀ THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TRƯỜNG VẬN TỐC DÒNG CHẢY SAU QUẠT HƯỚNG TRỰC APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL METHODS FOR DETERMINING THE AIRFLOW VELOCITY FIELD DOWNSTREAM OF AN AXIAL FAN

Đặng Vũ Đình^{1,*}, Lê Văn Lợi²

¹*Trường Đại học Mở -Địa chất, Hà Nội, Việt Nam*

²*Viện Cơ khí Năng lượng và Mô- Vinacomin*

Tóm tắt: Phương pháp đo tốc độ dòng không khí phía sau quạt hướng trục bằng phương pháp dây nóng đang được áp dụng phổ biến hiện nay. Tuy nhiên, việc đưa ra kế hoạch đo đảm bảo độ chính xác dòng không khí phía sau cánh quạt rất quan trọng, cụ thể: xác định vị trí đầu đo của thiết bị, khoảng cách đầu đo so với quạt, hướng dòng không khí sau quạt,... Để xác định hướng dòng không khí thoát ra khỏi quạt, nghiên cứu sử dụng mô phỏng CFD trên mô hình thử nghiệm được thiết kế theo tiêu chuẩn ISO 5801. Thông qua mô phỏng số CFD cho thấy khi thay đổi lưu lượng hút vào hộp (bằng cách thay đổi đường kính cửa hút d , mm), góc thoát dòng không khí sau cánh quạt sẽ thay đổi. Hiệu suất lớn nhất của quạt sử dụng trong nghiên cứu này đạt được tương ứng với đường kính cửa hút $d = 267$ mm, ở tốc độ quay quạt 2000 vòng/phút. Góc thoát dòng khí ra khỏi quạt được xác định $\alpha = 45 \pm 5^\circ$ và được sử dụng để làm phương án đo thực nghiệm trên bệ thử. Kết quả nghiên cứu cho phép xây dựng phương án đo vận tốc phía hạ lưu quạt cũng như vị trí đặt đầu đo của thiết bị trong trường hợp này.

Từ khóa: *Quạt hướng trục, phương pháp dây nóng, CFD, vận tốc, khu vực hạ lưu*

Abstract: The hot-wire anemometry method is currently widely applied for measuring airflow velocity downstream of axial fans. However, establishing a measurement plan that ensures the accuracy of airflow measurements downstream of the fan is of great importance, including determining the probe position, the distance between the probe and the fan, and the airflow direction downstream of the fan. To determine the airflow discharge direction from the fan, this study employed CFD simulation based on a test model designed according to the ISO 5801 standard. CFD numerical simulation results indicate that when the suction flow rate into the chamber is changed (by varying the inlet diameter d , mm), the airflow discharge angle downstream of the fan blades also changes. The maximum efficiency of the fan used in this study was achieved at an inlet diameter of $d = 267$ mm and a fan rotational speed of 2000 rpm. The airflow discharge angle from the fan was determined as $\alpha = 45 \pm 5^\circ$, which was then used as the experimental measurement scheme on the test bench. The research results provide a basis for establishing an airflow velocity measurement method downstream of the fan, as well as determining the appropriate probe position under these conditions.

Keywords: *axial fan, hot-wire anemometry, CFD, velocity, downstream region.*

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay có nhiều phương pháp đo tốc độ gió với quạt hướng trục: dùng máy đo gió điện tử, dùng ống Pi tô [1]. Những phương pháp này chỉ phù hợp đo với tốc độ dòng không khí tốc độ thấp, đường dòng ổn định hoặc dùng để kiểm tra nhanh. Trên thực tế những dòng chảy nhiễu loạn (dòng không khí ở trạng thái chảy rối) hoặc trong một số trường hợp dòng không khí ra khỏi quạt không song song với trục lắp quạt điều này dẫn đến giá trị vận tốc đo được không phản ánh được bản chất của dòng không khí khi ra khỏi quạt. Do đó, đã có những nghiên cứu, cải tiến trong phương pháp đo để phù hợp với việc xác định tốc độ gió lớn cũng như xác định được xu hướng của dòng không khí phía sau quạt (khu vực hạ lưu quạt). Phương pháp xác định tốc độ dòng khí được đề xuất trong nghiên cứu này là “*phương pháp dây nóng - hot wire method*”. Tùy thuộc vào môi trường đo trong nước hoặc không khí sẽ có những thay đổi phù hợp [2,3]. Nhiều nhà khoa học đã có những nghiên cứu chuyên sâu làm sáng tỏ cấu trúc của dòng không khí (quạt), cấu trúc dòng chảy (bơm). Trong giới hạn của nghiên cứu này chúng tôi đề cập đến loại máy đo tốc độ dòng khí dạng dây nóng (loại 1 dây) đây là thiết bị được sử dụng tương đối phổ biến và phù hợp để đo sự nhiễu loạn cũng như xác định tốc độ của dòng không khí (hoặc chất lỏng) [4,5].

Một vấn đề quan trọng như đã đề cập ở trên, một số trường hợp do độ chênh lệch áp suất tĩnh (bên trong hộp) và áp suất khí quyển làm dòng không khí đi ra khỏi quạt không song song với trục lắp quạt. Do vậy để có thể xác định được vận tốc hoặc vùng nhiễu loạn lớn nhất sau quạt thì cần phải xác định được

vị trí cũng như góc đặt (đầu dò) của thiết bị đo. Do vậy, trên cơ sở của phương pháp này, nghiên cứu đã tập trung giải quyết những vấn đề sau:

- + Bước 1: Xây dựng mô hình thực nghiệm
- + Bước 2: Xác định xu hướng dòng không khí ở khu vực hạ lưu quạt bằng phương pháp mô phỏng số (góc thoát của dòng không khí)
- + Bước 3: Xác định vị trí, góc đặt đầu đo của thiết bị
- + Bước 4: Xây dựng kế hoạch đo thử nghiệm
- + Bước 5: Tiến hành đo trên bộ thử nghiệm khí động học

2. GIỚI THIỆU PHƯƠNG PHÁP DÂY NÓNG VÀ BỘ THỬ NGHIỆM ĐỘNG HỌC

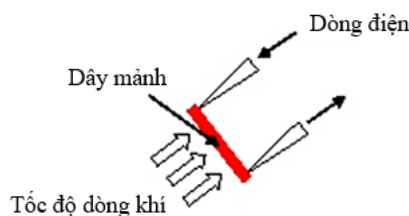
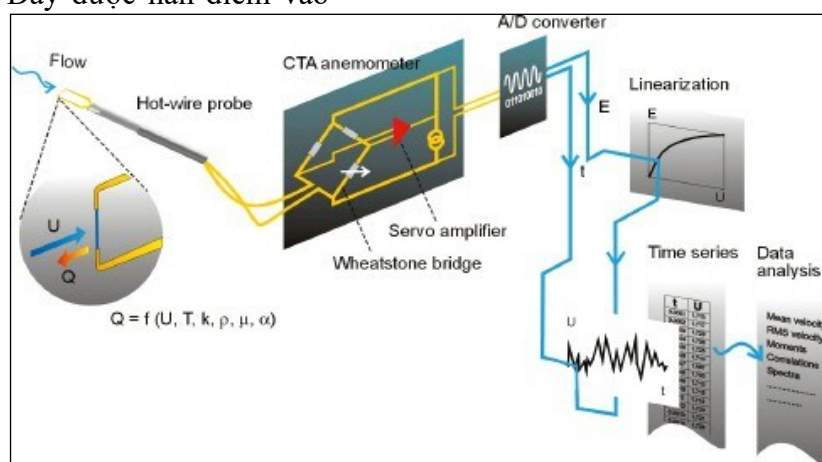
2.1. Giới thiệu phương pháp đo vận tốc bằng phương pháp dây nóng (*hot wire method*)

Phương pháp này sử dụng hiệu ứng Joule để nung nóng một sợi dây rất mỏng giữa hai điện cực. Sợi dây luôn được giữ ở nhiệt độ không đổi bằng mạch cầu wheatstone bridge và khả năng thay đổi điện trở theo các tác động bên ngoài. Trên cơ sở đó cho phép ta xác định được vận tốc dòng khí qua sợi dây (đầu dò).

Đầu dò dây nóng được thiết kế để đo tốc độ của chất khí ở trạng thái không ổn định vì nó cho phép thu được phản ứng nhanh lên đến 50 kHz. Vật liệu cấu thành sợi dây được chọn có điện trở riêng lớn cũng như độ bền cơ học tốt ở nhiệt độ cao như vonfram, bạch kim. Đôi khi nó được phủ một lớp thạch anh bảo vệ rất mỏng. Đối với hầu hết các đầu dò, kích thước theo chiều dài đo từ 0,5 đến 2 mm

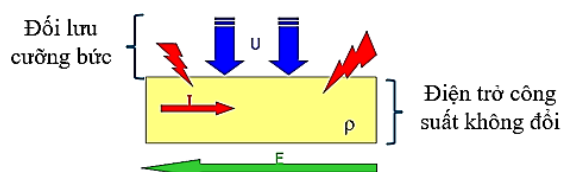
tùy thuộc vào mức độ quan trọng của nhiễu loạn mà chúng ta muốn đo và dây có đường kính khoảng $5\mu\text{m}$. Dây được hàn điểm vào

các chân được làm bằng thép không gỉ để tăng tuổi thọ của chúng.



Hình 1. Nguyên lý làm việc của thiết bị

Bản chất của phương pháp này tuân theo nguyên lý vật lý, cụ thể là hiện tượng đối lưu cưỡng bức và sự biến thiên của điện trở suất R của dây tóc theo hàm số của nhiệt độ, Hình 2.



Hình 2. Cơ sở lý thuyết của thiết bị đo xác định vận tốc dòng không khí

Trong nghiên cứu của Shekhter, M. Bouvard và nnk [6,7] sử dụng lý thuyết của King:

$$U^2 = A + B \cdot V^{0.5}$$

Trong đó: U là hiệu điện thế giữa hai đầu cực (Vôn); V là tốc độ dòng không khí (m/s); A, B là các hằng số được xác định bằng phương pháp hiệu chuẩn thiết bị (A biểu thị

cho đối lưu tự do, B biểu thị cho đối lưu cưỡng bức).

Hiệu điện thế giữa hai đầu dò được xác định :

$$U = \sqrt{A + B\sqrt{V}}$$

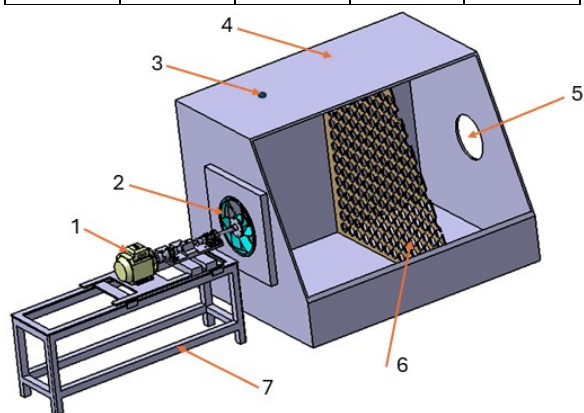
2.2. Giới thiệu bộ thử nghiệm khí động học và phương pháp xác định trường vận tốc của quạt hướng trục

Trong nghiên cứu này cánh quạt được chế tạo dựa trên biên dạng cánh NACA 65, chiều dày cánh 4mm, bán kính chân cánh là 65.5 mm, bán kính đỉnh cánh 179 mm. Bộ thử nghiệm động học quạt được xây dựng theo tiêu chuẩn 5801, phòng thí nghiệm cơ học chất lỏng (Duyn Fluid, Pháp) [8]. Hộp có kích thước 1800x1300x1300 mm, đường kính tại vị trí lắp quạt (2) là 420 mm. Để thay đổi lưu lượng dòng không khí vào hộp ta thay đổi

đường kính cửa hút d (mm) bảng 1, tại vị trí (5).

Bảng 1. Đường kính cửa hút

d (mm)				
238	267	300	336	375



Hình 3. Bộ thử nghiệm tiêu chuẩn 5801

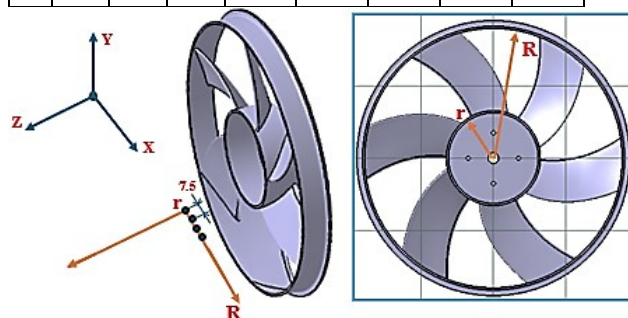
1- Động cơ dẫn động, 2 - cánh quạt, 3 - vị trí đo áp suất tĩnh trong hộp, 4 - hộp, 5 - cửa hút, 6 - bộ phận ổn định dòng chảy, 7 - giá đỡ.

Để xác định trường vận tốc của dòng không khí ở khu vực hạ lưu quạt, một chiến lược đo được thiết lập. Điểm đặt đầu đo theo phương pháp dây nóng được xác định theo hai yếu tố. Thứ nhất, xác định khoảng cách đặt đầu đo (theo phương z), điểm này sẽ được xác định thông qua phân tích quá trình mô phỏng số CFD. Vận tốc quay của quạt càng lớn thì dòng không khí thoát ra càng gần cánh quạt càng nhiều loạn, điều này sẽ ảnh hưởng lớn đến độ chính xác đo. Thứ hai điểm đặt theo phương x , điểm này bắt đầu từ 0 mm (tương ứng giá trị $r = 65.5$ mm) đến 113.5 mm (tương ứng $R = 179$ mm). Bằng cách thay đổi vị trí của đầu dò bằng hệ thống DANTEC 3D để quét theo phương (z) và phương bán kính (r/R). Các điểm đo tiếp theo được xác định với bước $t = 7.5$ mm, ta có tất cả là 11 điểm đo theo phương r/R và theo phương z tương

ứng từ 0 đến 240 với bước $t_1 = 20$ mm, Hình 4.

Bảng 2. Vị trí hướng trục trong khu vực đo

Vị trí hướng trục Z (mm)								
0	3	6	9	12	15	18	21	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0

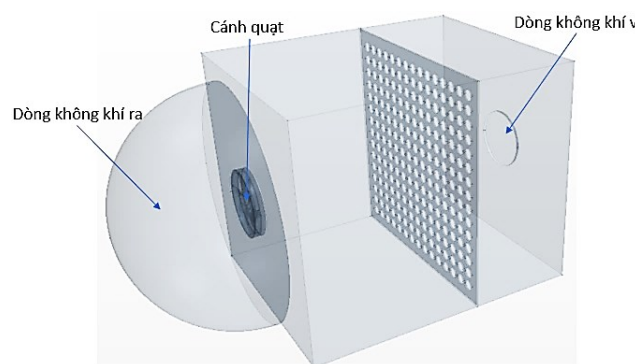


Hình 4. Sơ đồ đo vận tốc dòng chảy ở hạ lưu quạt hướng trục

3. MÔ HÌNH HÓA BỘ THỬ NGHIỆM KHÍ ĐỘNG HỌC

3.1 Mô hình hóa bộ thử nghiệm

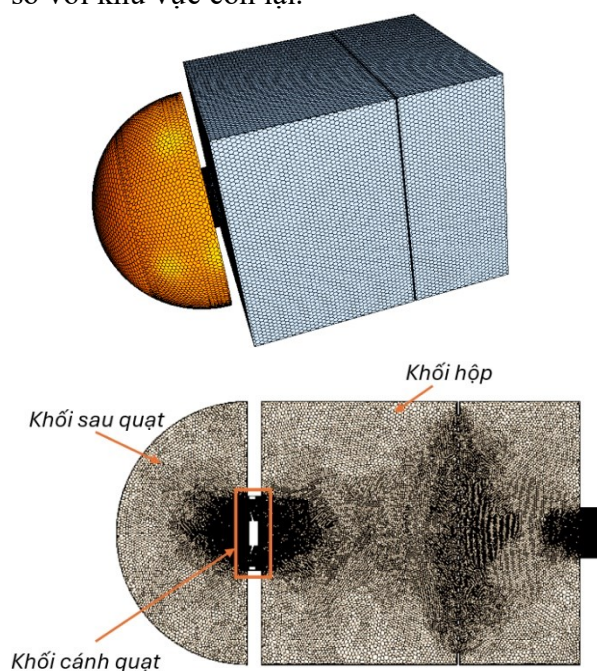
Quá trình mô hình hóa nhằm mục đích thiết lập mô hình mô phỏng để xác định cấu trúc cũng như xu hướng dòng không khí sau khi đi qua cánh quạt. Cụ thể ở đây tốc độ quay của quạt sử dụng trong nghiên cứu này là 2000 vòng/phút, đường kính cửa hút được thay đổi theo Bảng 1. Trên cơ sở bộ thử nghiệm được giới thiệu trên Hình 3, bộ thử nghiệm được mô hình hóa trên phần mềm NX12 và mô hình bộ thử nghiệm được chia thành ba khối: khối dòng không khí hút vào hộp, khối quay 2 (cánh quạt) và khối dòng không khí ra khỏi hộp, Hình 5.



Hình 5. Mô hình hóa bộ thử nghiệm

3.2 Chia lưới cho mô hình mô phỏng

Mô hình được chia lưới trên phần mềm chuyên dụng Gambit. Mô hình được chia làm ba phần như giới thiệu Hình 6, trong đó phần quay (cánh quạt) và phần sau cánh là phần quan trọng nhất. Do đó, lưới chia trong khu vực này được cài đặt nhỏ hơn (lưới mịn hơn) so với khu vực còn lại.



Hình 6. Chia lưới cho mô hình

Trên cơ sở mô hình đã được xây dựng, quá trình mô phỏng được thực hiện trên phần

mềm Star CCM+. Chia lưới cho mô hình được giới thiệu trên hình 6. Để đảm bảo phản ánh chính xác tính chất chuyển động của dòng không khí trong hộp, ngoài hộp và đặc biệt vùng lắp đặt cánh quạt thì chất lượng lưới cũng như kỹ thuật chia lưới phải được xem xét kỹ lưỡng. Với mô hình này khối quan trọng (khối cánh quạt và khối ra) được tinh chỉnh với kích thước lưới mịn hơn so với khu vực khối hộp. Cụ thể, số lượng lưới ở khối vào hộp 3194462, khối cánh quạt là 2607419, khối ra khỏi cánh quạt số lượng lưới 929356.

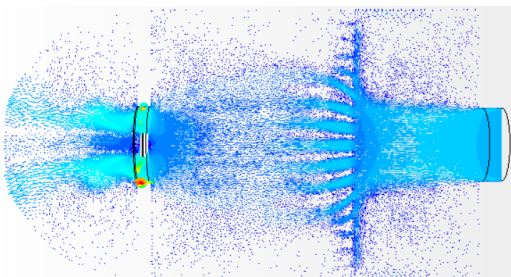
Hiện nay một số mô hình mô phỏng dòng nhiễu loạn không khí như: Standard $k - \epsilon$, Wilcox $k - \omega$, SST $k - \omega$. Trong nghiên sử dụng mô hình SST $k - \omega$ để giải quyết bài toán này. Mô hình dòng chảy rối SST $k - \omega$ là sự kết hợp của dòng chảy rối $k - \omega$ tiêu chuẩn và mô hình $k - \epsilon$. Việc kết hợp nhiều phương trình mô phỏng cho phép xác định tương đối chính xác dòng nhiễu loạn ngay cả với trường hợp dòng khí có hoặc không có gradient áp suất bất lợi.

Điều kiện biên tính toán, mô phỏng CFD: đường kính cửa hút d (mm) trong Bảng 1, tốc độ vòng quay động cơ 2000 vòng/phút (quay theo phương z , hình 4), áp suất đầu ra $P = 0$ Pa. Để đảm bảo độ chính xác của kết quả mô phỏng, tiêu chuẩn hội tụ được áp dụng là 10^{-6} .

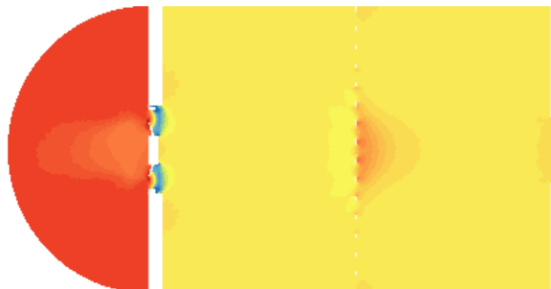
4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả mô phỏng số

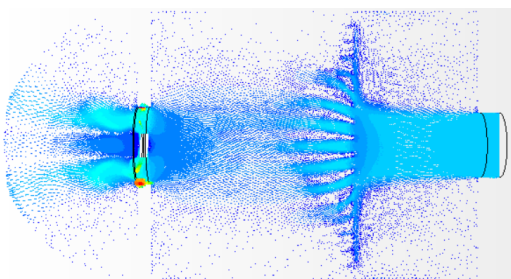
Quá trình chạy mô phỏng ổn định với thời gian trung bình không quá lớn. Kết quả mô phỏng được thể hiện trên hình 7.



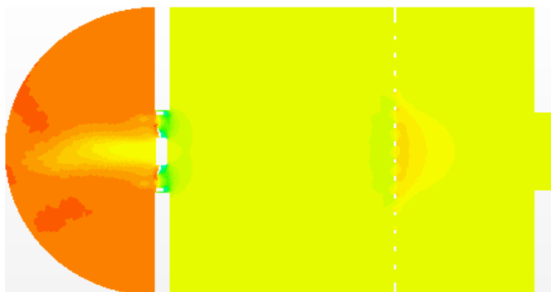
Vận tốc dòng khí với $d = 375 \text{ mm}$



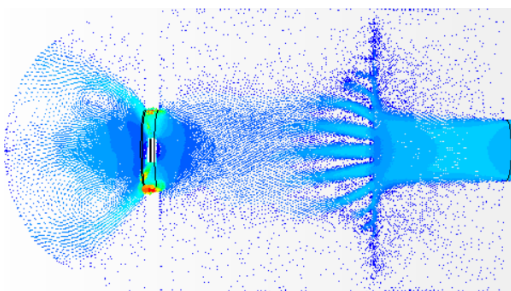
Áp suất dòng khí với $d = 375 \text{ mm}$



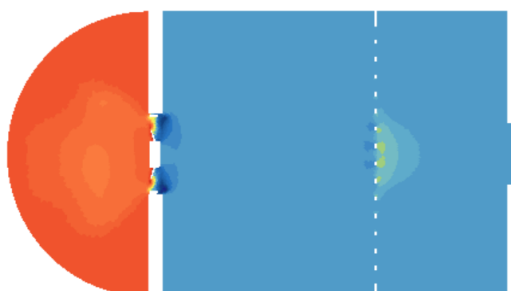
Vận tốc dòng khí với $d = 336 \text{ mm}$



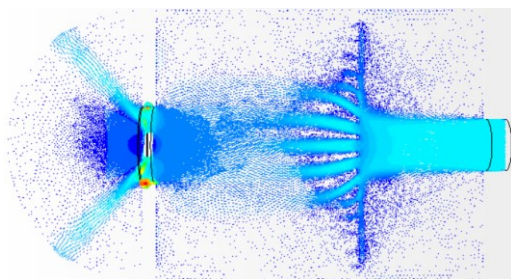
Áp suất dòng khí với $d = 336 \text{ mm}$



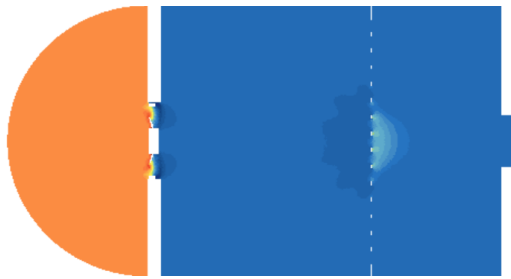
Vận tốc dòng khí với $d = 300 \text{ mm}$



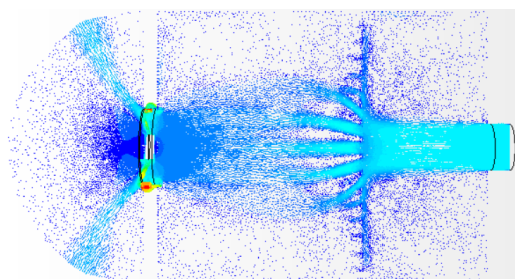
Áp suất dòng khí với $d = 300 \text{ mm}$



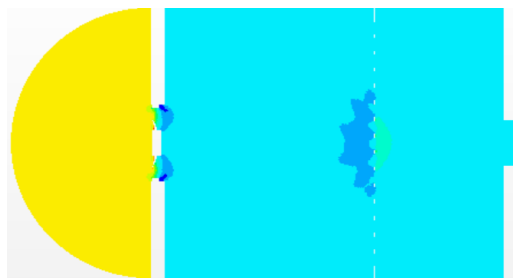
Vận tốc dòng khí với $d = 267 \text{ mm}$



Áp suất dòng khí với $d = 267 \text{ mm}$



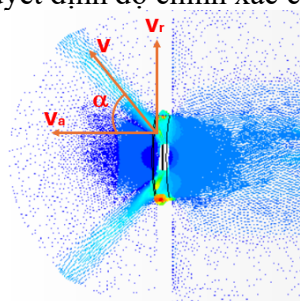
Vận tốc dòng khí với $d = 238 \text{ mm}$



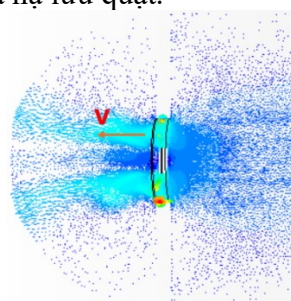
Áp suất dòng khí với $d = 238 \text{ mm}$

Hình 7. Hình ảnh mô phỏng dòng vận tốc và áp suất tương ứng với đường kính cửa hút d (mm)

Vấn đề quan tâm ở nghiên cứu này là việc xác định được góc đặt đầu dò rất quan trọng. Thông qua quá trình mô phỏng số CFD cho phép xác định được góc thoát dòng không khí (α) ở khu vực hạ lưu của quạt, Hình 8. Điều này cho thấy rằng tương ứng với từng đường kính cửa hút khác nhau thì góc thoát của dòng không khí phía sau cánh quạt khác nhau. Do đó, phương đặt của đầu dò sẽ quyết định độ chính xác của trường không khí phía hạ lưu quạt.



Hình 8. Vận tốc dòng không khí sau cánh quạt tương ứng với đường kính cửa hút $d = 267 \text{ mm}$



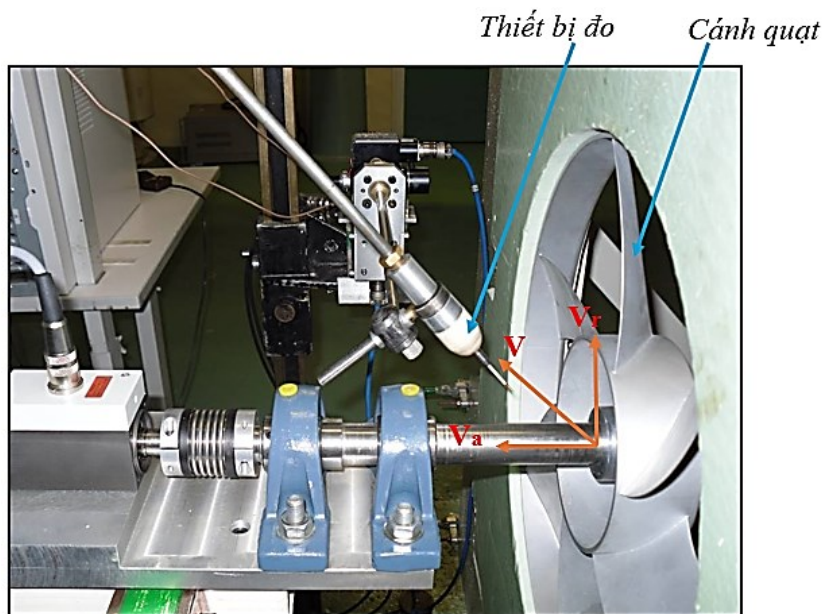
Hình 9. Vận tốc dòng không khí sau cánh quạt tương ứng với đường kính cửa hút $d = 375 \text{ mm}$

Theo kết quả mô phỏng, dòng khí thoát ra sau quạt với góc khoảng $\alpha = 45^\circ$ (tương ứng với $d = 267 \text{ mm}$), khi tính đến độ sai số góc thoát được xác định $\alpha = 45^\circ \pm 5^\circ$. Thực tế nghiên cứu cho thấy ngay cả khi giá trị này thay đổi cộng hoặc trừ 5° , thì điều này cũng không làm thay đổi nhiều kết quả vì chúng ta vẫn nằm trong giới hạn hình nón với góc quay 20° , khi đó các phép đo vẫn được đảm bảo. Kết quả này được đề xuất làm cơ sở để đặt đầu đo của thiết bị được giới thiệu trên hình 10. Với trường hợp đường kính cửa hút $d = 375 \text{ mm}$, vận tốc dòng không khí thoát ra sau cánh quạt gần như song song với trục $\alpha \approx 0$, Hình 9.

4.2. Kết quả xác định vận tốc trên bộ thử nghiệm động học

Trong nghiên cứu này chỉ đề cập đến trường hợp xác định trường vận tốc dòng không sau quạt với đường kính cửa hút $d = 267 \text{ mm}$, đây là trường hợp cho hiệu suất quạt lớn nhất. Trên cơ sở xác định được góc đặt đầu đo thiết bị (theo phương pháp dây nóng), kế hoạch đo đã được đưa ra: đầu đo bắt đầu đặt ở vị trí 0 tương ứng $r = 65.5 \text{ mm}$ sau đó đầu dò dịch chuyển theo phương

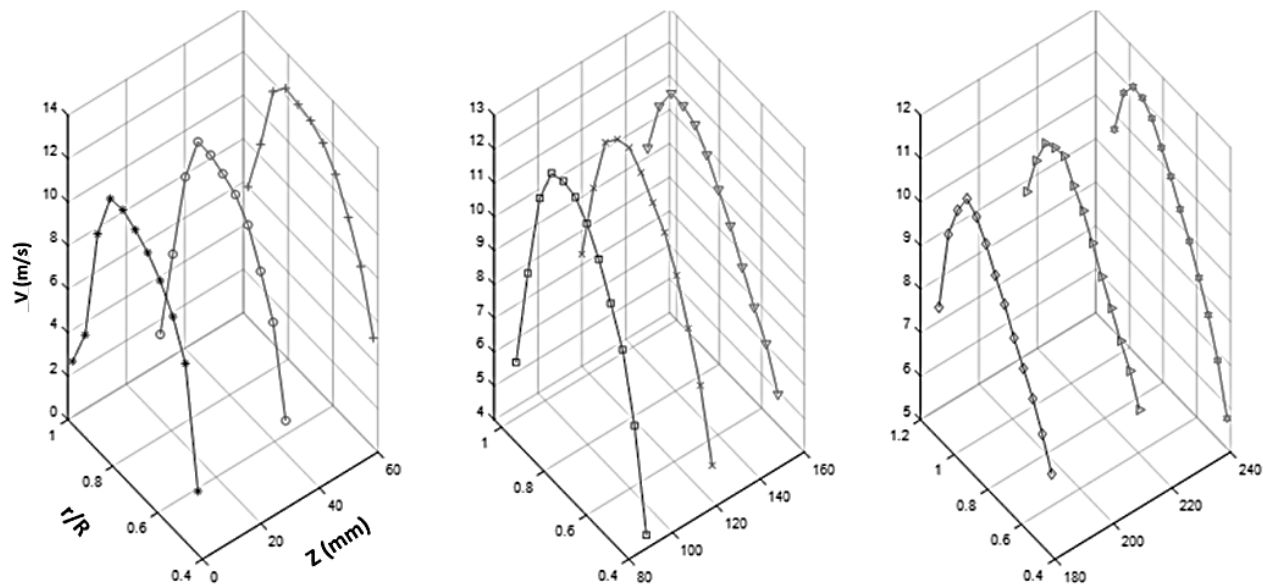
hướng kính với bước $t = 7.5 \text{ mm}$ đến $r = 179 \text{ mm}$ và theo phương z từ $0 - 240 \text{ mm}$ với bước $t_1 = 20 \text{ mm}$.



Hình 10. Vị trí đặt đầu dò trên bộ thử nghiệm

Kết quả thực nghiệm xác định được trường vận tốc của dòng không khí thoát ra ở khu vực vùng hạ lưu quạt hướng trục thể hiện trong Hình 11. Với tốc độ quay cánh quạt 2000 vòng/phút, vận tốc lớn nhất được xác định là $12,6 \text{ m/s}$, tương ứng với vị trí $r/R =$

0.8. Kết quả nghiên cứu này thể hiện tương đối chính xác trường vận tốc theo phương hướng kính của cánh quạt. Điều này cho thấy độ tin cậy giữa kết quả mô phỏng số hình 7 và kết quả thực nghiệm trên bộ thử nghiệm Hình 11.



Hình 11. Vận tốc dòng không khí sau cánh quạt với tốc độ 2000 vòng/phút tương ứng $d = 267 \text{ mm}$

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho phép quan sát được những hành vi của dòng không khí phía sau cánh quạt hướng trục, từ đó đánh giá được hiệu quả vận hành của quạt. Kết quả nghiên cứu này cho phép chúng ta rút ra được những kết luận sau:

- Phương pháp dây nóng được áp dụng để xác định trường vận tốc phía hạ lưu quạt. Kế hoạch đo được đề xuất để đảm bảo tính chuẩn xác với từng trường hợp cụ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Hùng Tâm. Giáo trình bơm quạt, Trường Đại học Nông Lâm, 2006
- [2] [Brahim Rharbaoui](#) (1994). A contribution to the study of the simultaneous measurement of thermal conductivity and thermal diffusivity by using hot wire method. PHD thesis.
- [3] Charles G. Lomas; Murray S. Korman (1990). Fundamentals of Hot Wire Anemometry. <https://doi.org/10.1121/1.399482>
- [4] F. Resch et M. Coantic. Etude sur le fil chaud et le mm chaud dans l'eau. La Houille Blanche, N° 2 (1969), p. 151-161.
- Nghiên cứu CFD trên bộ thử nghiệm tiêu chuẩn 5801 cho phép quan sát dòng khí qua cánh, đặc biệt là sau khi dòng khí thoát ra khỏi quạt. Kết quả mô phỏng số cho phép xác định được khoảng cách đặt thiết bị đo (giữa đầu đo và quạt), góc đặt của đầu đo để xác định vận tốc dòng không khí lớn nhất ở khu vực hạ lưu quạt.
- Kết quả thực nghiệm xác định được trường vận tốc ở khu vực hạ lưu của quạt và kết quả này tương đối đồng nhất với kết quả mô phỏng. Điều này đảm bảo độ chính xác cũng như độ tin cậy của kết quả đo theo phương pháp dây nóng.
- [5] F. Resch et H. Leutheusser. Mesures de turbulence dans le ressaut hydraulique. La Houille Blanche, N° 1 (1971), p. 17-31.
- [6] Shekhter, Yu.L. (2011). Hot-wire and hot-film anemometers. DOI: 10.1615/AtoZ.h.hot-wire_and_hot-film_anemometers.
- [7] M. Bouvard, H. Dumas (2010). Application de la méthode du fil chaud à la mesure de la turbulence dans l'eau deuxième partie exécution des mesures et résultats. Pages 723-734, <https://doi.org/10.1051/lhb/1967050>
- [8] ISO, "Norme internationale ISO 5801. (2007), Ventilateurs industriels - Essais aérauliques sur circuits normalisés.", fr, p. 248