

# NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ ỐNG KHÍ ĐỘNG HỌC ĐỂ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA LỰC CẢN KHÔNG KHÍ LÊN VỎ XE Ô TÔ ĐIỆN HaUI-EV2

RESEARCH AND DESIGN AERODYNAMICS TUBE TO ASSESS THE EFFECT  
OF DRAG FORCE ON THE BODY OF HaUI-EV2 ELECTRIC CAR

Nguyễn Anh Ngọc, Vũ Hải Quân\*,  
Lê Đức Hiếu, Lê Hồng Quân, Trần Phúc Hòa

## TÓM TẮT

Khí động học ô tô đã được nghiên cứu từ rất lâu và cho tới hiện tại, đây vẫn là một trong những lĩnh vực nghiên cứu thu hút nhiều nhà khoa học. Tại Việt Nam hầu như chưa có công trình nghiên cứu chuyên sâu về khí động học ô tô nào được công bố chính thức, hầu hết các cơ sở đào tạo đều chưa có thiết bị, mô hình để phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu. Vì vậy, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thiết lập cơ sở lý thuyết, chế tạo thành công mô hình ống khí động học để đánh giá ảnh hưởng của lực cản không khí lên vỏ xe ô tô điện HaUI-EV2. Kết quả so sánh giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm có sai lệch là 10,37%.

**Từ khóa:** Ống khí động học; lực cản chính điện; hệ số cản không khí; xe ô tô điện HaUI-EV2.

## ABSTRACT

Automotive aerodynamics have been studied for a long time and nowadays it remains one of the research areas to attract more scientists. In Vietnam, there are almost no in-depth studies on automotive aerodynamics officially announced, most training institutions do not have equipments and models for training purposes. Therefore, in this study, the authors have established a theoretical basis, successfully manufactured aerodynamic tube model to assess the effect of drag force on the body of HaUI-EV2 electric car. The result of the comparison between theoretical and experimental research with an error is 10.37%.

**Keywords:** Aerodynamic tube; drag force; drag coefficient; HaUI-EV2 electric car.

Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: vuhaiquanhv@yahoo.com.vn

Ngày nhận bài: 06/01/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 06/6/2020

Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2020

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình ô tô chuyển động trong môi trường không khí, sự tương tác giữa vỏ xe với không khí sinh ra các lực và mô men ảnh hưởng xấu đến chất lượng vận hành của ô tô. Hệ quả rõ nhất là thành phần lực cản không khí

làm gia tăng mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, đặc biệt là ở vận tốc cao. Ngoài ra thành phần lực nâng làm ảnh hưởng đến khả năng bám đường của các bánh xe, các mô men có thể gây ra lật gây mất an toàn cho xe. Bên cạnh các yếu tố về tiết kiệm năng lượng, đảm bảo an toàn khi vận hành thì yếu tố về thẩm mỹ cũng rất được quan tâm từ khâu thiết kế. Trên thế giới các nghiên cứu về khí động học của các công trình xây dựng, tàu hỏa, tàu thủy, máy bay nói chung và ô tô nói riêng rất được chú trọng. Nhưng ở Việt Nam chưa có nhiều những nghiên cứu về lĩnh vực này do đòi hỏi nhiều về đầu tư ban đầu, đặc biệt là các cơ sở về đào tạo, nghiên cứu gặp rất nhiều khó khăn trong triển khai xây dựng phòng Lab về khí động học, mặc dù nhu cầu phục vụ cho nghiên cứu, thí nghiệm là rất lớn.

Xuất phát từ nhu cầu thực tế trong công tác đào tạo tại cơ sở và tình hình nghiên cứu về khí động học thân vỏ xe ô tô trong nước, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu, chế tạo mô hình ống khí động học nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng của lực cản không khí đến vỏ xe điện HaUI-EV2 phục vụ đào tạo sinh viên đại học, sau đại học và từng bước góp phần tạo ra một cơ sở lý thuyết vững chắc để nghiên cứu chuyên sâu về công nghệ khung vỏ và khí động học thân vỏ ô tô tại Việt Nam.

## 2. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Các phương pháp nghiên cứu khí động học thân vỏ ô tô

Hiện nay, trong lĩnh vực khí động học ô tô thường sử dụng hai phương pháp nghiên cứu khí động học ô tô: Phương pháp nghiên cứu lý thuyết và phương pháp nghiên cứu thực nghiệm. Đối với phương pháp nghiên cứu bằng lý thuyết khó khăn trong việc nghiên cứu khí động học thân vỏ xe nằm ở mức độ phức tạp của bài toán lý thuyết dựa trên phương trình Navier - Stokes. Kể cả đối với những mô hình đã được đơn giản hóa, khối lượng tính toán cần thực hiện là rất lớn đòi hỏi phải có công cụ tin học đủ mạnh cả về phần mềm và phần cứng. Đối với phương pháp thực nghiệm sự

thiếu thốn về cơ sở vật chất, trang thiết bị thí nghiệm cũng là một khó khăn không nhỏ đối với các nhà khoa học.

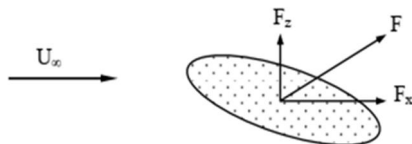
Nghiên cứu thực nghiệm với các xe có kích thước thực đã được một số hãng sản xuất ô tô lớn trên thế giới tiến hành. Đối với các cơ sở giáo dục hay viện nghiên cứu việc đầu tư xây dựng các phòng thí nghiệm hiện đại giường như là không thể. Ngày nay, trong nghiên cứu khí động học thân vỏ ô tô thường áp dụng cả hai phương pháp lý thuyết và thực nghiệm. Nghiên cứu lý thuyết với sự trợ giúp của các phần mềm ANSYS để xây dựng các mô hình mô phỏng thí nghiệm với tỉ lệ phù hợp. Phần nghiên cứu thực nghiệm sẽ lựa chọn kích thước mô hình, ống khí động và so sánh đánh giá kết quả giữa lý thuyết và thực nghiệm dựa trên cơ sở lý thuyết đồng dạng và thứ nguyên.

**2.2. Phương pháp xác định các thông số của lực khí động học**

Khi ô tô chuyển động trong môi trường không khí, sự tương tác của vỏ xe với môi trường sinh ra các lực và mô men có ảnh hưởng xấu tới chất lượng vận hành của ô tô. Dòng chảy không khí tác dụng lên vật một lực F, được phân tích thành 2 thành phần  $F_x$  (lực cản) song song với phương chuyển động của dòng khí và  $F_z$  (lực nâng) là thành phần vuông góc với phương chuyển động. Các lực này được tính như sau:

$$F_x = C_d A \frac{\rho U_\infty^2}{2} \tag{1}$$

$$F_z = C_z A \frac{\rho U_\infty^2}{2} \tag{2}$$



Hình 1. Các lực tác dụng lên vật nằm trong dòng chảy

Trong đó:  $F_x$  là lực cản;  $F_z$  là lực nâng;  $C_d$  và  $C_z$  là các hệ số;  $\rho$  - khối lượng riêng không khí;  $U_\infty$  - vận tốc chuyển động (m/s);  $A$  là diện tích cản chính diện ( $m^2$ ).

Như vậy để xác định được hệ số  $C_d$  và  $C_z$ , các thông số đặc trưng của lực khí động học trong công thức số 1 và 2, trong thí nghiệm thực tế cần phải đo kiểm được hai giá trị  $F_x$  và  $F_z$ , các thông số còn lại hoàn toàn có thể lựa chọn và tính toán với sự trợ giúp của các phần mềm mô phỏng. Mục đích của việc nghiên cứu khí động học vỏ xe trong ống khí động là đo các lực tác động lên mẫu vỏ xe trong ống khí động để từ đó tính hệ số cản và so sánh với kết quả tính toán bằng mô hình mô phỏng

**3. CHẾ TẠO ỐNG KHÍ ĐỘNG HỌC PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU VÀ ĐÀO TẠO**

**3.1. Tính toán các thông số ống khí động học và lựa chọn thiết bị thu thập tín hiệu**

**3.1.1. Đối tượng thử nghiệm**

Với mong muốn phát triển đề tài nghiên cứu chế tạo xe điện HaUI-EV2 của trường Đại học Công nghiệp Hà Nội. Để tiếp nối những nghiên cứu trước đây, nhóm nghiên cứu lựa

chọn mô hình xe điện HaUI-EV2 với tỉ lệ 1:30 so với kích thước xe thực tế, mẫu xe tham khảo xe điện chở khách Eagle 14 chỗ, Model EG6158K05 là đối tượng để nghiên cứu thực nghiệm. Dựa trên đối tượng nghiên cứu để xác định những thông số thí nghiệm gần nhất với điều kiện khai thác thực tế của xe. Mô hình thực nghiệm được in 3D với chất liệu nhựa, tạo được bề mặt nhẵn và có các kích thước như sau:

- Chiều dài tổng thể: 147mm
- Chiều rộng tổng thể: 56,7mm
- Chiều cao tổng thể: 50,2mm

**3.1.2. Xác định kích thước của ống khí động**

Trong điều kiện vận hành thực tế, ô tô chuyển động trong môi trường không khí được coi là rộng vô cùng. Tương tác giữa vỏ xe với không khí tạo thành vùng ảnh hưởng bao quanh ô tô - vùng nhiễu động. Càng ra xa vỏ xe thì ảnh hưởng của sự tương tác này càng giảm. Khi đạt được khoảng cách nhất định thì không khí không còn chịu ảnh hưởng của chuyển động của ô tô nữa. Nghĩa là tồn tại một vùng không khí bị nhiễu động do chuyển động của ô tô tạo nên.

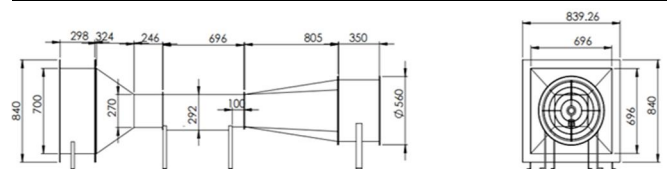
Để phản ánh đúng điều kiện chuyển động thực như trên, khi nghiên cứu khí động học ô tô kích thước của vùng không khí bao quanh vỏ xe phải lớn hơn hoặc ít nhất là bằng vùng không khí nhiễu động. Theo các nghiên cứu đã công bố [1, 2, 6], khi thử trong ống khí động, để đảm bảo điều kiện dòng chảy trong khoang thử giống với điều kiện chuyển động thực cần đảm bảo tỷ lệ giữa diện tích cản chính diện của mẫu thử  $A_m$  và diện tích tiết diện của ống thử tại cửa thổi ra  $A_0$  không vượt quá 10%. Tỷ lệ này được gọi là hệ số giới hạn (blockage ratio)  $B_r$ :

$$B_r = \frac{A_m}{A_0} < 0,1 \tag{3}$$

Trên thực tế, với mong muốn giảm thiểu sai số do điều kiện thí nghiệm nên nhiều nhà nghiên cứu thường chọn  $B_r \leq 0,06$  [6]. Dựa trên diện tích  $A_0$  đã chọn trên đây và diện tích cản chính diện của vỏ xe điện HaUI-EV2 đã xác định bằng phần mềm ANSYS. Nhóm tác giả đã lựa chọn được kích thước của ống đặt mô hình như sau: Chiều rộng và chiều cao lớn hơn năm lần chiều rộng mô hình; Chiều dài phía sau lớn hơn hai lần chiều cao mô hình, phía trước lớn hơn mười lần chiều cao mô hình, khi đó hệ số giới hạn theo tính toán  $B_r = 0,056$  thỏa mãn điều kiện đặt ra.

Bảng 1. Kích thước của ống đặt mô hình thí nghiệm

Tỷ lệ 1/30	Mô hình (mm)	Ống đặt (mm)
Dài	147	740
Rộng	56,7	570
Cao	50,2	250

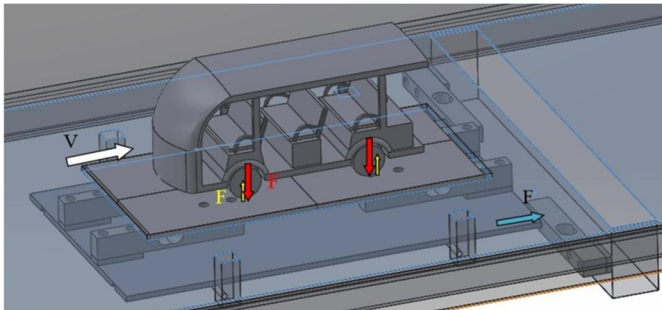


Hình 2. Kích thước thiết kế của ống khí động học

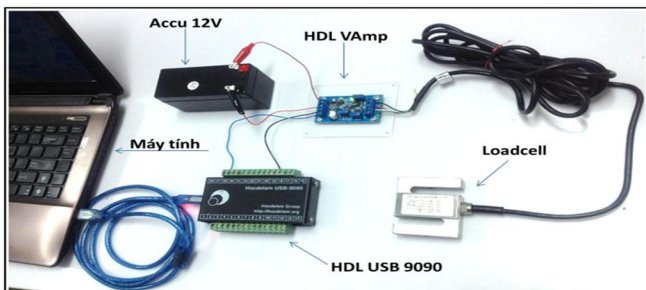
Trên cơ sở phân tích phía trên để đưa ra bản vẽ thiết kế được thể hiện trên hình 2.

**3.1.3. Thu thập và xử lý tín hiệu đo**

Để thu thập dữ liệu đo đặc sử dụng 04 cảm biến Loadcell loại 5kg đo lực nâng tại các bánh xe, 02 cảm biến đặt từ sắt vào tấm trượt phía sau để xác định giá trị lực cản chính diện. 01 bản mạch Arduino để xử lý tín hiệu và 01 màn hình LCD. Vị trí lắp đặt các thiết bị thu thập dữ liệu được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ lắp đặt các thiết bị thu thập tín hiệu của ống khí động  
Sơ đồ kết nối của hệ thống được giới thiệu trên hình 4.



Hình 4. Sơ đồ kết nối của hệ thống thu thập và xử lý tín hiệu

Nguyên lý làm việc của hệ thống như sau: sự thay đổi về tải trọng tại các bánh xe sẽ được các cảm biến dạng Loadcell ghi nhận, thông tin được xử lý thông qua bộ vi xử lý Arduino và dữ liệu được hiển thị lên màn hình LCD gồm có: vận tốc gió và nhiệt độ tại thời điểm thí nghiệm; lực nâng tại bốn bánh xe, lực cản chính diện tác động lên mô hình xe ô tô.

**3.1.4. Tính tương quan giữa nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết**

Theo lý thuyết tương tự khi giảm kích thước đi bao nhiêu lần thì phải tăng vận tốc lên bấy nhiêu lần. Nếu gọi hệ số giảm kích thước là  $k_m$ .

$$k_m = \frac{L_t}{L_m} \tag{4}$$

( $L_t$  là kích thước của xe thật và  $L_m$  là kích thước của mẫu thử), thì để đảm bảo điều kiện tương tự, vận tốc thử được xác định như sau:

$$U_m = k_m \cdot U_t \tag{5}$$

Trong đó:  $U_t$  là vận tốc chuyển động của xe thật.

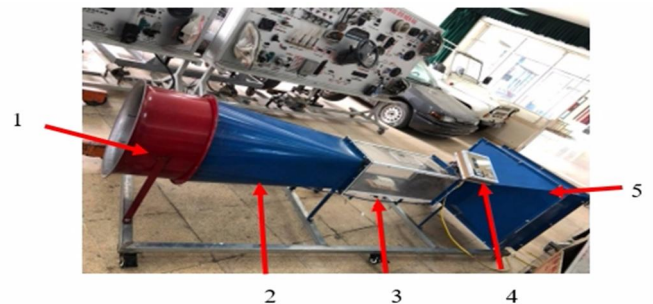
Vận tốc thử trong ống khí động  $U_m$  bị giới hạn bởi công suất của động cơ dẫn động quạt gió. Đối với ống khí động đã chọn để làm thí nghiệm, vận tốc tối đa là 16m/s, tương

đương với 60km/h. Đây là vận tốc khá phù hợp với điều kiện chuyển động thực của ô tô điện, nhưng đối với mẫu thử có kích thước nhỏ thì vận tốc này lại trở nên không đáng kể. Với những phân tích trên, người ta luôn cố gắng làm mẫu thử với kích thước lớn nhất có thể. Tuy nhiên, mong muốn này bị hạn chế bởi trang thiết bị và điều kiện thí nghiệm. Cụ thể, với mẫu thử tỷ lệ 1:30 thì kích thước bị giảm đi 30 lần. Như vậy, vận tốc thử tối đa trong ống khí động chỉ tương đương với vận tốc của xe trong điều kiện chuyển động thực là  $30:30 = 1\text{m/s}$  (3,6km/h). Vận tốc này là quá nhỏ so với điều kiện chuyển động thực tế của ô tô.

Những phân tích trên cho thấy, nếu tiến hành thí nghiệm trong ống khí động với mẫu thử tỷ lệ 1:30 và lấy kết quả đo được để so sánh với kết quả tính toán mô phỏng trong. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn phương pháp nghiên cứu kết hợp lý thuyết và thực nghiệm trên mẫu vỏ xe trong ống khí động

**3.2. Chế tạo mô hình ống khí động**

Cấu tạo chung của ống khí động học bao gồm: Quạt gió công nghiệp Komatsu KM50T; Ống thắt; Ống đặt xe mô hình; Cảm biến vận tốc gió; Thiết bị thu nhận tín hiệu từ cảm biến đến; Màn hình LCD. Mô hình thí nghiệm được đặt trên một tấm trượt, là một tấm mỏng, nhẹ, đặt 4 cảm biến lên trên. Tấm trượt được gắn lên ống thông qua cơ cấu ổ bi - ray trượt, để tấm trượt này có thể di chuyển theo phương dọc trục. Sơ đồ ống khí động học sau khi hoàn thiện được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Mô hình ống khí động sau khi hoàn thiện  
1. Quạt hút 2. Ống thắt 3. Ống đặt mô hình xe  
4. Bàn điều khiển, hiển thị 5. Ống hút

**4. THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ**

Các bước tiến hành thử nghiệm mô hình ống khí động học như sau:

- Bước 1. Gắn cố định mô hình thí nghiệm trên tấm sàn trượt;
- Bước 2. Khởi động quạt hút, cài đặt dải vận tốc thí nghiệm yêu cầu;
- Bước 3. Ghi nhận các thông số của cảm biến vận tốc dòng khí;
- Bước 4. Thiết bị đo lực ghi nhận lại các giá trị lực;
- Bước 5. Ghi nhận và xử lý các thông tin trên màn hình hiển thị.

Để loại trừ ảnh hưởng của hệ thống giá đặt mẫu thử chúng ta tiến hành thí nghiệm cho hai trường hợp:

Trường hợp 1: Không có mẫu thử để đo các lực tác dụng lên giá đỡ và tấm sàn

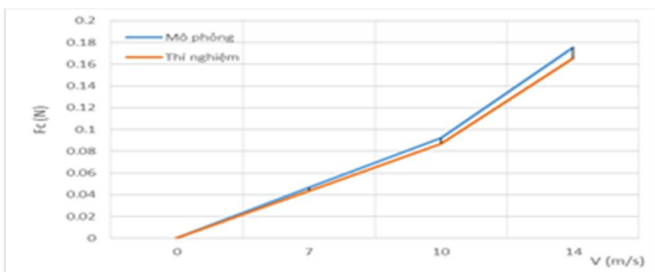
Trường hợp 2: Khi mẫu thử lắp trên giá đỡ để xác định lực tác dụng lên toàn bộ hệ thống. Lấy hiệu kết quả đo được ở thí nghiệm 2 trừ đi kết quả đo ở thí nghiệm 1 ta xác định được lực cản khí động của mô hình thí nghiệm.

Sau khi thiết kế, chế tạo thành công ống khí động học, nhóm tác giả tiến hành thực nghiệm để so sánh kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Thí nghiệm được thực hiện với ba dải vận tốc khác nhau, mỗi tốc độ 5 lần và lấy giá trị trung bình. Kết quả được thể hiện trên bảng 2.

Bảng 2. Bảng so sánh kết quả lý thuyết và thí nghiệm

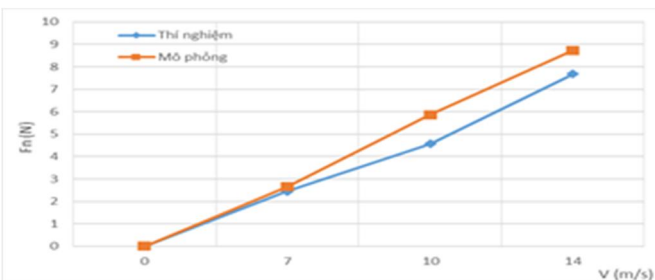
Vận tốc (m/s)	Lực cản $F_x$ (N)		Lực nâng $F_n$ (N)		Hệ số cản $C_d$		Sai lệch hệ số $C_d$ (%)
	Lý thuyết	Thực nghiệm	Lý thuyết	Thực nghiệm	Lý thuyết	Thực nghiệm	
7	0,0471	0,0434	0,02647	0,0244	0,0468	0,0431	
10	0,0973	0,0871	0,05863	0,0456	0,0473	0,0424	
14	0,1898	0,1656	0,0874	0,0768	0,0471	0,0411	
<b>Giá trị trung bình</b>					0,04712	0,04223	10,37%

Kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm có sự sai khác không lớn, có thể chấp nhận được trong quá trình nghiên cứu (10,37%). Điều này khẳng định mô hình tính toán và các đo đạc thực nghiệm được thực hiện với độ tin cậy và độ chính xác.



Hình 6. Đồ thị so sánh lực cản chính diện mô phỏng và thí nghiệm

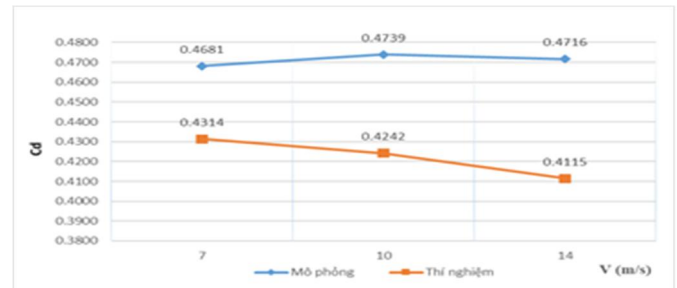
Hình 6 thể hiện các giá trị lực cản  $F_c$  đo được từ kết quả thí nghiệm. Có thể thấy rằng, kết quả thí nghiệm rất sát với quy luật lý thuyết mô tả bằng công thức. Đồ thị này cho thấy, các kết quả thí nghiệm tuân theo đúng quy luật đã biết: lực cản khí động tỷ lệ thuận với bình phương của vận tốc. So sánh trên đây có thể được coi như một minh chứng về độ tin cậy và độ chính xác của các kết quả đo được.



Hình 7. Đồ thị so sánh lực nâng mô phỏng và thí nghiệm

Hình 8 thể hiện so sánh hệ số cản theo kết quả tính toán mô phỏng và thí nghiệm. Đồ thị so sánh các giá trị  $C_d$  thu

được từ mô phỏng và thực nghiệm cho thấy, kết quả mô phỏng khá ổn định, chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất không quá 12,75%. Trong khi đó kết quả thí nghiệm khá phân tán với chênh lệch khá lớn ở vận tốc cao.



Hình 8. Đồ thị so sánh hệ số cản theo mô phỏng và thí nghiệm

### 5. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu dựa trên phân tích các cơ sở lý thuyết đã lựa chọn được các thông số của mẫu thực nghiệm là xe điện HaUI-EV2 và xác định được kích thước của ống khí động học dựa trên lý thuyết đồng dạng về mối tương quan giữa kích thước của mô hình và thực tế.

Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thành công mô hình ống khí động học và ứng dụng để đo lực cản không khí cho mô hình xe điện HaUI-EV2 ở cùng điều kiện nhiệt độ, áp suất, nhận được kết quả hệ số cản  $C_d = 0,411$ , tại các tốc độ khác nhau 7, 10, 14m/s. Kết quả cho thấy rằng, mức độ sai lệch giữa tính toán mô phỏng và đo đạc bằng thực nghiệm là 10,37%. Mức sai số này có thể được giải thích một cách gần đúng bởi các giả thiết và điều kiện đặt ra của thí nghiệm, cũng như sai số trong gia công phần cơ khí.

### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội để hoàn thành nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Daniel Bell, 2012. *Aerodynamic analysis and optimisation of the rear wing of a WRC car*. Oxford Brookes University.
- [2]. Nguyễn Hữu Cẩn, 2007. *Lý thuyết ô tô máy kéo*. NXB Khoa học kỹ thuật.
- [3]. Quyết định số 1168/QĐ-TTg, ngày 16/7/2014 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt “Chiến lược phát triển ngành công nghiệp ô tô Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035”.
- [4]. Quyết định số 1211/QĐ-TTg, ngày 24/07/2014 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt “Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp ô tô Việt Nam đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030”.
- [5]. SAE J2084, 1993. *Aerodynamic Testing of Road Vehicles, Testing Methods and Procedures*. Paris.
- [6]. Tô Hoàng Tùng, 2016. *Nghiên cứu cải thiện hình dạng khí động học xe khách lắp ráp tại Việt Nam*. Luận án tiến sỹ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [7]. Trần Thế Sang, Trần Thị Kim Lang, 2009. *Khí nén và thủy lực*. NXB Khoa học kỹ thuật.

### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Anh Ngoc, Vu Hai Quan, Le Duc Hieu, Le Hong Quan, Tran Phuc Hoa**  
Faculty of Automobile Technology, Hanoi University of Industry