

# THIẾT KẾ ỐNG KHÍ ĐỘNG ĐỂ XÁC ĐỊNH CÁC THÀNH PHẦN CỦA LỰC CẢN KHÔNG KHÍ TÁC DỤNG LÊN XE KHI CHUYỂN ĐỘNG

DESIGN OF THE AERODYNAMIC TUBE TO DETERMINE THE AIR-FORCE RESISTENCES AFFECTING TO THE MOVING VEHICLE

Nguyễn Anh Ngọc<sup>1,\*</sup>, Lê Hồng Quân<sup>1</sup>,  
Trần Phúc Hòa<sup>2</sup>, Nguyễn Huy Chiến<sup>1</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu cải thiện đặc tính khí động lực học thân vỏ xe ô tô điện HaUI-EV1. Mô hình thân vỏ xe, trước tiên, được thiết kế sơ bộ và được mô phỏng khí động lực học bằng phần mềm CFD. Để đánh giá và phân tích kết quả mô phỏng, yêu cầu đặt ra là phải có bộ thiết bị đo đạc và kiểm nghiệm các thông số chính trên thực tế. Do đó, một ống khí động lực học được thiết kế và chế tạo để có thể xác định các lực cản không khí tác dụng lên xe trong quá trình chuyển động như lực cản chính diện và lực nâng. Ống khí động này cần phải được thiết kế tính toán để có thể đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật như: tốc độ chuyển động tối đa của dòng khí trong ống; kích thước ống và tỷ lệ của mô hình thí nghiệm; độ chính xác của các kết quả đo; sự cản trở dòng khí. Kết quả thu được của bài báo sẽ là cơ sở chính trong công tác thiết kế, chế tạo, thử nghiệm và tối ưu hóa đặc tính khí động lực học của thân vỏ xe điện HaUI-EV1.

**Từ khóa:** Khí động lực học ô tô, ống khí động, CFD, HaUI-EV1.

## ABSTRACT

This paper presents the study of increasing the performance of aerodynamic of the HaUI-EV1 electric vehicle. The car body model, firstly, was initially designed and simulated aerodynamic with CFD. To evaluate and analyze the simulation results, it was required to have a laboratory model of instrumentation and testing the actual aerodynamics parameters. Therefore, an aerodynamic tube has been designed and constructed to determine the air-force resistances affected to the vehicle during the movement such as the drag and lift forces. This aerodynamic tube should be designed to meet the technical requirements such as the maximum flow velocity of the air within the pipe; tube size and scale of the experimental model; the accuracy of the measurement results; obstruction of airflow. The results of the article must be the major factors for the designing, manufacturing, testing and optimizing the aerodynamic characteristics of the HaUI-EV1's body.

**Keywords:** Vehicle Aerodynamics, Aerodynamic Tube, CFD, HaUI-EV1.

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Trung tâm Quản lý tức xá, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: ngocbk46@gmail.com

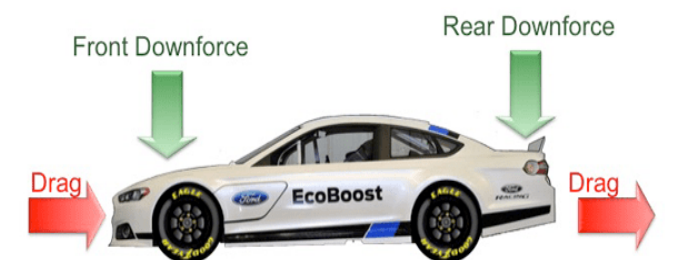
Ngày nhận bài: 15/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/03/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/04/2018

## 1. GIỚI THIỆU

Vấn đề ô nhiễm môi trường đặc biệt là ô nhiễm không khí và tiếng ồn hiện đang được quan tâm của các chính phủ để tìm ra các giải pháp nhằm giảm thiểu ô nhiễm và bảo vệ môi trường. Nguồn gây ô nhiễm lớn nhất trên các loại phương tiện giao thông hiện nay là động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu hóa thạch là xăng hoặc diesel. Do đó, để giảm phát thải của các phương tiện giao thông, biện pháp chủ yếu là cải tiến các thông số kỹ thuật của động cơ; sử dụng các loại động cơ thân thiện với môi trường như động cơ điện, hydro, hybrid... Không nằm ngoài xu thế trên, nhóm nghiên cứu đã đề xuất phương án thiết kế một chiếc xe điện mang thương hiệu Đại học Công nghiệp Hà Nội với tên gọi HaUI-EV1. Để nhằm tiết kiệm hơn nữa năng lượng tiêu hao trong quá trình chuyển động, các phương án thiết kế khí động lực học khung vỏ của xe được đề xuất. Lực cản khí động lực học tác dụng lên thân vỏ xe khi chuyển động bao gồm hai thành phần chính là lực cản chính diện  $F_d$  và lực nâng  $F_L$ .



Hình 1. Các lực cản khí động lực học

Khi di chuyển trên đường, khối không khí bao quanh vỏ xe sẽ sinh ra các lực cản khí động lực học có độ lớn phụ thuộc vào hình dáng khí động học của vỏ xe, mật độ không khí, tốc độ tương đối giữa xe và gió... theo công thức dưới đây [1]:

$$F_d = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A \quad (1)$$

Trong đó,  $F_d$ : lực cản chính diện, N.

$\rho$ : mật độ không khí,  $\text{kg/m}^3$ .

$V$ : tốc độ tương đối,  $\text{m/s}$ .

$C_d$ : hệ số cản chính diện

$A$ : diện tích cản chính diện,  $\text{m}^2$ .

Lực cản  $F_d$  khiến cho việc tăng tốc trở nên khó khăn vì nó tỉ lệ với bình phương vận tốc, khi vận tốc gia tăng với một trị số nhỏ thì lực cản lại gia tăng với một trị số rất lớn. Thử nghiệm cho thấy khi xe di chuyển với tốc độ trung bình trong thành phố (56 km/h) khoảng 25% lượng nhiên liệu tiêu thụ sẽ chỉ được dùng để khắc phục lực cản không khí.

Hệ số cản chính diện  $C_d$  là thông số phụ thuộc vào hình dáng khí động lực học của vỏ xe. Thông số này được các nhà thiết kế xe hết sức quan tâm vì nó là nhân tố chính để làm giảm sức cản khí động học chính diện. Vào đầu thập niên 20, hệ số này đối với xe du lịch vào khoảng 0,7 nhưng ngày nay nó giảm tới 0,3 cho một số loại xe du lịch đắt tiền [2]. Việc giảm được hệ số cản này đồng nghĩa với giảm lực cản không khí hay giảm mức tiêu hao nhiên liệu của động cơ cái mà các nhà khoa học trong lĩnh vực công nghệ ô tô vẫn đang tiếp tục nghiên cứu và phát triển.

Bên cạnh đó, lực nâng  $F_L$  cũng đóng vai trò rất quan trọng trong việc cải thiện chất lượng kéo, phanh, quay vòng cũng như ổn định của xe [3]. Không như máy bay, đối với ô tô và các phương tiện cơ giới đường bộ nói chung, lực nâng này mong muốn đạt giá trị âm để giúp tăng tải trọng bám  $G_B$  của xe. Hệ số này được tính theo công thức sau [4]:

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}$$

Với xe du lịch cỡ nhỏ,  $C_L$  nằm trong khoảng 0,106 đến 0,143. Tuy nhiên, đối với xe đua thì hệ số này thường nằm trong khoảng -1,602 đến -0,048 [4].

Hệ số cản không khí  $C_d$  phụ thuộc nhiều vào hình dạng thân xe. Trị số của  $C_d$  thấp khi xe có dạng khí động tốt do đó lực cản không khí cũng sẽ nhỏ hơn. Trong thực tế, tính toán lực cản không khí cho xe hơi là điều rất khó vì thân xe là tổng hợp của nhiều dạng vật thể đơn giản với những hệ số cản không khí khác nhau. Công việc thiết kế hình dáng khí động lực học. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm CFD trong ANSYS để mô phỏng khí động lực học khung vỏ xe và tìm ra các hệ số cản chính diện cũng như lực nâng. Tuy nhiên, cần có thực nghiệm để kiểm chứng lại kết quả của công việc thiết kế và tính toán bằng lý thuyết. Do đó ống khí động lực học được sử dụng để xác định các hệ số cản không khí của xe điện thiết kế HaUI-EV1 cũng như các phương tiện giao thông khác.

## 2. THIẾT KẾ ỐNG KHÍ ĐỘNG LỰC HỌC THÂN VỎ Ô TÔ

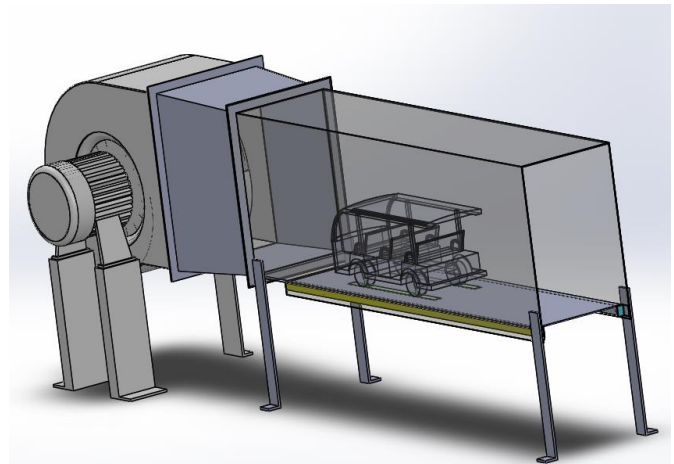
Mục đích của công tác thiết kế ống khí động nhằm xác định các hệ số cản khí động lực học tác dụng lên mô hình tương tự của xe điện thiết kế HaUI-EV1. Vì điều kiện thiết kế chế tạo ống khí động với kích thước đủ lớn so với xe thực tế

là khó khăn và tốn kém. Do đó, nhóm nghiên cứu đã thiết kế ống khí động với kích cỡ vừa phải và chế tạo mô hình xe thu nhỏ với tỉ lệ xích là 1/15 so với mô hình xe thực tế. Thiết kế sơ bộ ống thí nghiệm đo các thành phần của lực cản khí động lực học ô tô được cho trong hình 2. Cấu tạo của ống bao gồm các bộ phận chính như: Quạt lưu lượng lớn có nhiệm vụ tạo ra tốc độ gió phù hợp, đồng thời có thể thay đổi lưu lượng để có thể thử nghiệm ở các vận tốc khác nhau; Ống thắt có nhiệm vụ làm giảm tiết diện lưu thông và tăng tốc độ gió thổi qua mô hình; Ống chính chứa xe và giá để xác định lực nâng và lực cản; Cảm biến đo lưu lượng không khí và cảm biến lực; Thiết bị thu nhận tín hiệu từ cảm biến đến máy tính.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của quạt hút ly tâm Denton 11-62-II

| Tốc độ quay (rpm) | Lưu lượng gió ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) | Độ ồn (dB) | Công suất (kW) | Điện áp (V) | Tốc độ gió cực đại (m/s) | Dài (mm) | Rộng (mm) | Cao (mm) |
|-------------------|---|------------|----------------|-------------|--------------------------|----------|-----------|----------|
| 1450              | 7199                                    | $\leq 82$  | 3              | 380V        | 22.42                    | 610      | 622       | 648      |

Phương pháp đo được tiến hành bằng việc thiết kế giá đỡ xe độc lập với phần ống khí động trên đó có các cảm biến đo lực cản chính diện và lực nâng tại mỗi bánh xe nhờ vào các cảm biến đo lực. Tốc độ gió tối đa của mô hình được lựa chọn theo tiêu chuẩn đường bộ Việt Nam trên các loại đường ngoài đô thị là 90 km/h. Như vậy, tốc độ gió tối đa của mô hình lấy là 100km/h tương đương với 27,8 m/s. Quạt được chọn là quạt hút ly tâm Denton 11-62-II với thông số kỹ thuật cho trong Bảng 1.



Hình 2. Ống kiểm nghiệm khí động lực học

Do tốc độ gió ở đầu ra của quạt gió là 22,42 m/s do đó cần phải thu nhỏ tiết diện của ống khí động để đảm bảo tốc độ đầu ra lớn hơn 27,8 m/s. Tiết diện này cũng phải đủ lớn để dòng khí xoáy lốc quanh mô hình xe thiết kế không bị tác động bởi các bề mặt bao của ống thí nghiệm. Theo phương trình dòng chảy liên tục ta có:

$$Q = A_1.V_1 = A_2.V_2$$

Trong đó

+  $A_1$  là diện tích tiết diện đầu vào của ống (hay đầu ra của quạt):  $A_1 = 364.245 = 89180 \text{ mm}^2$

+ V1 là vận tốc dòng khí tại tiết diện A1 (vận tốc đầu ra của quạt):  $V1 = 22,42(m/s)$

+ A2 là diện tích tiết diện đầu ra của ống thất

+ V2 là tốc độ đầu ra của ống,

lấy  $V2 = 100 (km/h) = 27,78 (m/s)$

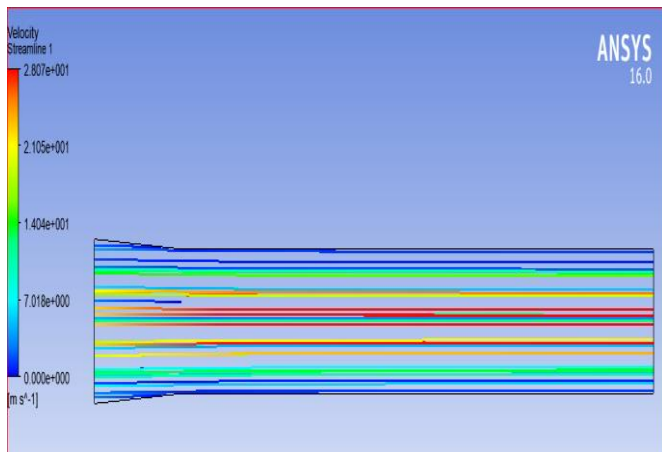
Từ (3) ta có  $A2 = 71973,2 = (245-x).(364-x) (mm^2)$

Trong đó x là độ thu của các cạnh. Giải phương trình trên thu được  $x = 29,7 (mm)$ ; Chọn  $x = 30 (mm)$ . Kích thước sau thiết kế của ống khí động được cho trong bảng 2.

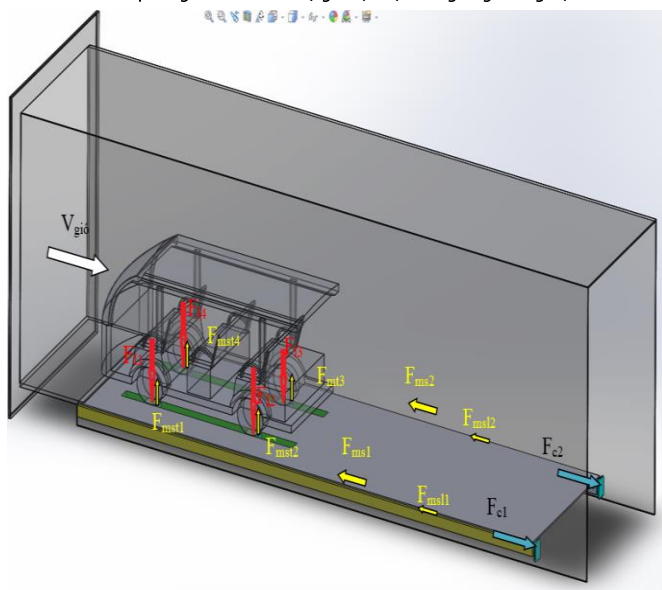
Bảng 2. Thông số kỹ thuật của ống khí động

| Tiết diện | Chiều rộng (mm) | Chiều cao (mm) | Diện tích (mm <sup>2</sup> ) | Tốc độ gió (m/s) |
|-----------|-----------------|----------------|------------------------------|------------------|
| Đầu vào   | 245             | 364            | 89180                        | 22.42            |
| Đầu ra    | 215             | 334            | 71810                        | 27,84 > 27,78    |

Để đảm bảo độ chính xác trong thiết kế, ống khí động với kích thước trên được đưa vào phần mềm CFD trong ANSYS để mô phỏng tốc độ dòng khí. Kết quả là tốc độ cực đại của khí trong ống đạt được đến giá trị 28,07 m/s, Hình 3.



Hình 3. Mô phỏng kiểm tra tốc độ gió cực đại trong ống thí nghiệm



Hình 4. Cơ cấu xác định các lực tác dụng lên xe

Cơ cấu để xác định lực cản không khí và lực nâng là tấm trượt trên hai ray trượt bằng ổ bi. Trên tấm trượt có lắp 2 cảm biến để đo lực cản chính diện đặt ở phía đuôi tấm trượt. Lực nâng được xác định bằng 4 cảm biến đo lực ở dưới mỗi bánh xe đặt mô hình thí nghiệm, Hình 4.

Cuối cùng, các tín hiệu từ các cảm biến lực được thu thập và khuếch đại sau đó gửi đến máy tính để xử lý và phân tích dữ liệu. Ngoài ra, trong bộ thí nghiệm cũng cần có các cảm biến đo vận tốc của dòng khí, nhiệt độ môi trường để tạo ra bộ dữ liệu đầy đủ và chính xác. Để kết quả đo được chính xác hơn nữa, các lực ma sát trượt và lực ma sát lăn được xác định bằng chính cảm biến đo lực cản trước mỗi lần thử nghiệm. Từ các kết quả đo được sẽ xác định được các thông số của thành phần lực cản chính diện và lực nâng một cách tin cậy nhất. Các kết quả thực nghiệm sau đó được so sánh với kết quả mô phỏng bằng lý thuyết để xác định độ tin cậy giữa lý thuyết và thực nghiệm.

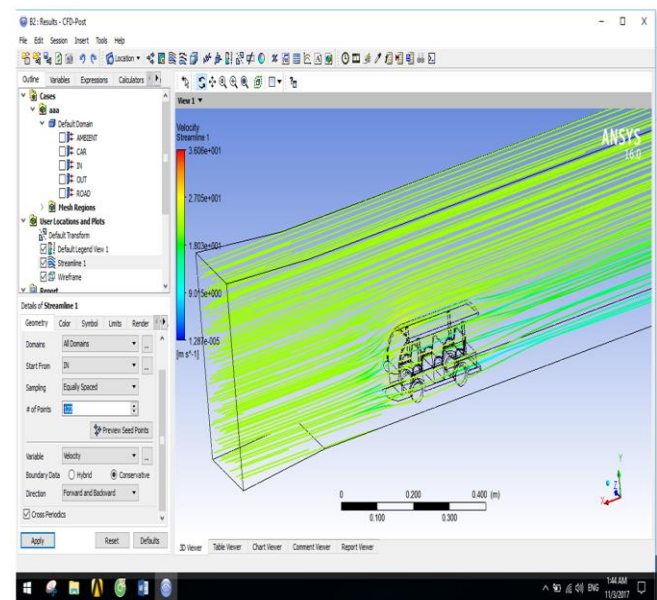
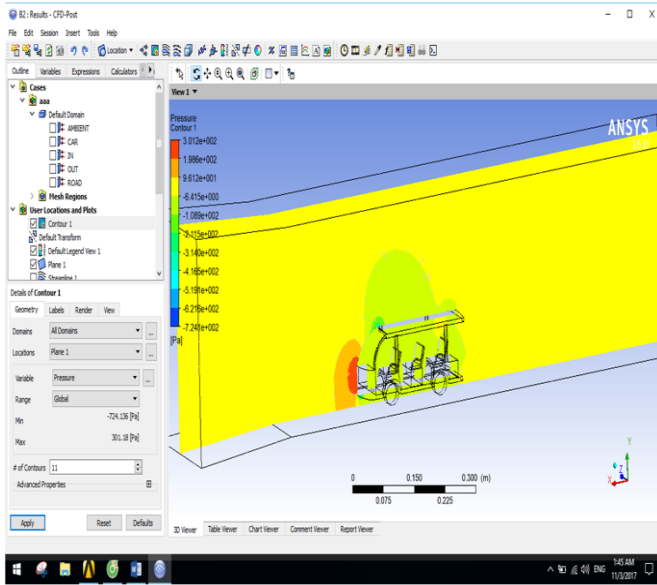
### 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG bằng phần mềm ANSYS VÀ THẢO LUẬN

Ngày nay, chúng ta có rất nhiều phần mềm hoàn thành tốt với nhiệm vụ thiết kế, chế tạo và kiểm nghiệm một chiếc xe như SolidWorks, Inventors, Catia,... Mỗi phần mềm có những ưu, nhược điểm khác nhau tùy theo sự đánh giá của người sử dụng. Sự chọn phần mềm được đưa ra khi người thiết kế cảm thấy nó hữu ích, có hiệu quả đối với nghiên cứu của mình. Trong nghiên cứu này sẽ giới thiệu phần mềm mô phỏng Ansys. Đây là phần mềm được sử dụng phổ biến trên thế giới và với tool CFD thì nó là phần mềm hữu hiệu để mô phỏng khí động lực học của thân vỏ xe [5].

Mô hình xe điện thu nhỏ với kích thước 1/15 so với mô hình thực tế được tạo ra dưới dạng 3D và đưa vào mô hình ống khí động vừa thiết kế. Sau đó, bằng công cụ chia lưới Meshing trong phần mềm sẽ chia lưới thành vô số các phần tử và các nút. Điều kiện về tốc độ gió, mật độ không khí và các điều kiện biên khác được đưa vào mô hình mô phỏng để chạy chương trình mô phỏng trên máy tính.

Các kết quả mô phỏng sơ bộ của mô hình xe ô tô điện HaUI-EV1 như áp suất và tốc độ chuyển động của dòng khí tác dụng lên bề mặt xung quanh thân vỏ xe; lực cản chính diện và lực nâng được thể hiện qua các hình 5 ÷ 7.

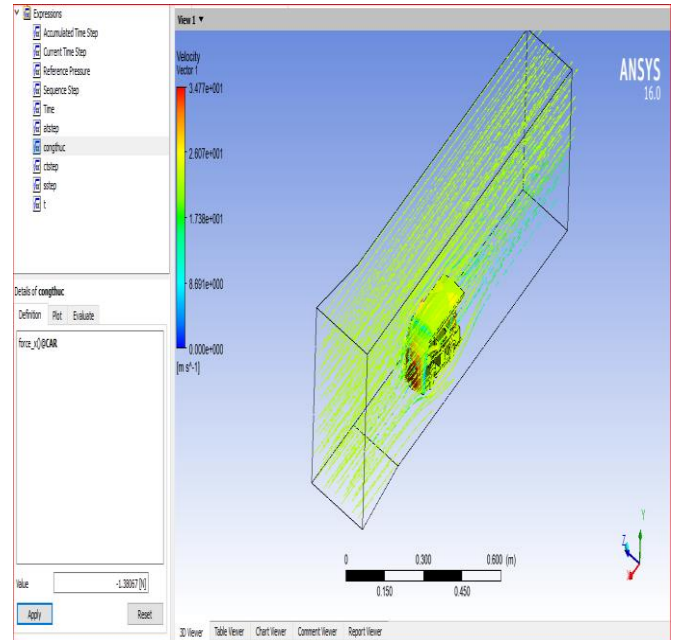
Ở hình 5, áp suất tác dụng lên mũi xe phía trước là lớn nhất được thể hiện bằng dải màu đỏ. Ở vị trí đó, theo thang đo, áp suất đạt 301 Pa. Áp suất cao ở vị trí này là nguyên nhân chính gây lên lực cản chính diện khí động học của thân vỏ xe. Tuy nhiên, ở phần nóc xe phía trước thì áp suất lại giảm mạnh thể hiện bằng dải màu xanh, với giá trị -211 Pa, trên hình vẽ. Với áp suất nhỏ hơn áp suất môi trường này sẽ gây lên lực nâng thân xe. Lực này về mặt động lực học là không có lợi vì khi đó lực bám ở các bánh xe sẽ bị giảm đi gây ảnh hưởng lớn đến khả năng kéo, phanh và lái của xe.



Hình 5. Áp suất và vận tốc dòng khí xung quanh thân vỏ xe

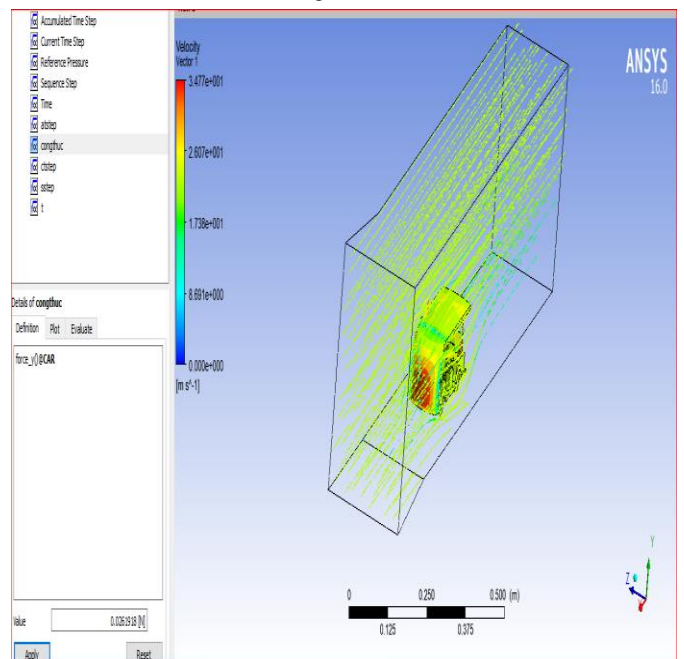
Tốc độ gió trung bình trên toàn bộ ống vào khoảng 28m/s và thay đổi ở một số điểm xung quanh vị trí đầu và đuôi xe như trên hình 5.

Trên hình 6 là kết quả tính toán lực cản chính diện của không khí tác dụng lên toàn bộ xe. Kết quả trên hình trả ra giá trị  $-1,38067$  N đối với các điều kiện đặt vào ban đầu như giới thiệu ở trên. Dấu '-' thể hiện lực này ngược chiều với phương của trục X và nó là lực cản chuyển động tác dụng lên xe. Giảm được giá trị của lực này sẽ giúp xe di chuyển được dễ dàng hơn đặc biệt ở những giải tốc độ cao. Khi đó nhiên liệu tiêu thụ sẽ được giảm giúp cho việc giảm phát thải và bảo vệ môi trường. Để giảm lực cản chính diện, cần thay đổi cấu trúc và hình dạng thân vỏ xe cho phù hợp nhất. Đây cũng là yêu cầu khá phức tạp đặt ra cho nhóm nghiên cứu trong giai đoạn tiếp theo. Giá trị này cũng là tham số để so sánh với kết quả đo đạc thực nghiệm của ống khí động trong thực tế.



Hình 6. Lực cản chính diện theo phương X

Hình 7 là kết quả tính toán lực nâng của không khí tác dụng lên toàn bộ xe khi chuyển động với vận tốc 100km/h. Kết quả trên hình trả ra giá trị 0,0261918. Giá trị này không âm chứng tỏ lực này cùng chiều với phương của trục Y và nó là lực nâng tác dụng lên xe. Như phân tích ở trên, do áp suất phía trên thân xe giảm nhiều hơn so với phía dưới cho nên tổng hợp lực lại nó sẽ có xu thế nhấc xe lên khỏi mặt đường.



Hình 7. Lực nâng theo phương Y

Trái với các thiết bị bay, điều này sẽ làm xấu đi về mặt động lực học của ô tô. Do đó, nhiệm vụ công việc thiết kế khí động lực học thân vỏ xe là làm giảm lực này thậm chí xuống dưới không. Khi đó, lực nâng âm sẽ đìm xe xuống

đường thay vì nhấc xe lên khỏi mặt đường. Nhờ các cảm biến Loadcell trong thí nghiệm, giá trị của lực này cũng sẽ được đo đạc và so sánh với giá trị của quá trình mô phỏng. Từ đó đánh giá được độ chính xác của mô hình mô phỏng với kích thước thực của mô hình và mô hình thực tế thu nhỏ với tỉ lệ 1/15.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được bản thiết kế sơ bộ ống khí động lực học để xác định các thành phần của lực cản không khí tác dụng lên ô tô bằng thực nghiệm. Để phù hợp với điều kiện thực tế và tính kinh tế, ống khí động được thiết kế thu nhỏ phù hợp với mô hình xe điện HaUI-EV1 với tỷ lệ 1/15. Các yếu tố như vận tốc xe cực đại, lực ma sát của tấm trượt để đặt mô hình xe và ảnh hưởng của các cảm biến được đề cập để tăng độ chính xác và tin cậy của kết quả đo. Ống khí động và mô hình xe sau khi thiết kế được đưa vào phần mềm mô phỏng CFD để tính toán áp suất và vận tốc dòng khí tác dụng lên thân vỏ xe. Từ đó tính được các lực cản và lực nâng tác dụng lên mô hình khi xe chạy ở tốc độ 100km/h. Kết quả là giá trị lực cản chính diện là 1,38067N và lực nâng là 0,0261918N. Các giá trị này dùng để so sánh và kiểm nghiệm với giá trị của các lực cản khí động lực học đo được bằng ống khí động. Từ đó, đánh giá được độ tin cậy của mô hình mô phỏng bằng máy tính để phục vụ cho quá trình thiết kế và chế tạo thân vỏ xe điện HaUI-EV1 với mục tiêu cải thiện hình dáng khí động lực học của thân vỏ xe ô tô điện trong các nghiên cứu tiếp theo.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Hữu Cẩn, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng, 2005. "Lý thuyết ô tô máy kéo". NXB Khoa học & Kỹ thuật.
- [2]. T. B. Ilhan Bayraktar, 2006. "Guidelines for CFD Simulations of Ground Vehicle Aerodynamics". SAE Paper 2006-01-3544.
- [3]. L. L. L. J. a. T. W. Christoffer Landstrom, 2012. "Aerodynamic Effects of Different Tire Models on a Sedan Type Passenger Car". SAE International, vol. 5, no. 1 (may 2012), pp. 136-151.
- [4]. O. Ehirim, 2012. "Optimal Diffuser Design for Formula SAE Race Car Using an Innovative Geometry Buildup and CFD Simulation Setup with On-Track Testing Correlation". SAE Technical paper 2012-01-1169.
- [5]. T. K. E. M. a. J. W. Oliver Fischer, 2010. "CFD Approach to Evaluate Wind-Tunnel and Model Setup Effects on Aerodynamic Drag and Lift for Detailed Vehicles". SAE Technical Paper 2010-01-0760.