

NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN HÌNH DÁNG KHÍ ĐỘNG HỌC CỦA THÂN VỎ XE ĐIỆN HaUI-EV2

STUDY ON THE BODY AERODYNAMICS IMPROVEMENTS OF THE ELECTRIC VEHICLE HaUI-EV2

Nguyễn Anh Ngọc, Lê Hồng Quân, Trần Phúc Hòa,
Hoàng Quang Tuấn, Chu Đức Hùng*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nội dung nghiên cứu cải thiện đặc tính khí động học thân vỏ xe ô tô điện HaUI-EV2. Trong thực tế, việc xác định lực cản không khí tác dụng lên ô tô là điều rất khó vì thân xe là tổng hợp của nhiều hình dạng vật thể đơn giản với những hệ số cản không khí khác nhau. Do đó mô hình thân vỏ xe điện được thiết kế sơ bộ trên phần mềm solidworks và được đưa vào mô phỏng khí động lực học bằng phần mềm CFD trong Ansys. Các thông số quan trọng để đánh giá chất lượng khí động lực học thân vỏ xe bao gồm hệ số cản chính diện, lực nâng và dòng chảy không khí tác động lên thân vỏ xe. Từ đó, đề xuất một số thay đổi hình dáng kết cấu phía trước của thân vỏ xe để cải thiện đặc tính cản. Kết quả đạt được của bài báo sẽ là cơ sở trong công tác thiết kế, chế tạo, thử nghiệm và tối ưu hóa nhằm nâng cao chất lượng khí động lực học của thân vỏ xe điện HaUI-EV2.

Từ khóa: Khí động lực học, CFD, Thân vỏ xe, HaUI-EV2.

ABSTRACT

This paper reveals the research on the aerodynamics improvements caused by the vehicle's body shape of an electric vehicle HaUI-EV2. In reality, the drag force calculation of a vehicle is very hard because the vehicle's body is assembled by many components that their drag coefficients are not the same. Therefore, the electric vehicle's body model is basically designed by SolidWorks software and simulated by CFD tool in Ansys. To evaluate the quality aerodynamics of a vehicle, the important factors such as the drag, lift force and air tube flow must be concerned. The results of this article are the significant factor to design, manufacture, experiment and optimization in order to enhance the the body shape's aerodynamics characteristic of the electric vehicle HaUI-EV2.

Keywords: Aerodynamics, CFD, Vehicle's body, HaUI-EV2.

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: chuduchungtn@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/01/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 06/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2019

1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

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-EV2. Để nhằm tiết kiệm hơn nữa năng lượng tiêu hao trong quá trình chuyên 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 .

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... Lực cản chính diện được theo công thức dưới đây [1]:

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

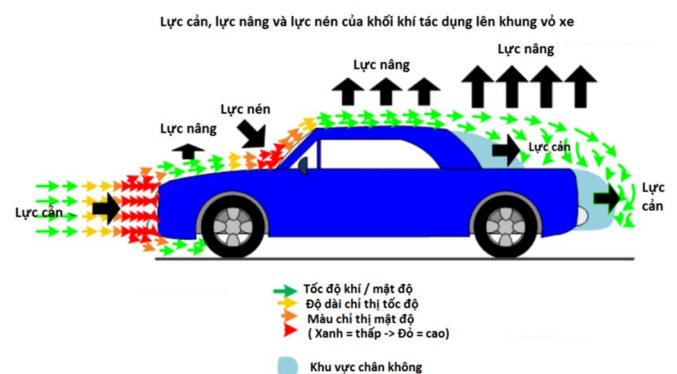
Trong đó, F_d : Lực cản chính diện (N);

ρ : mật độ không khí (kg/m^3);

V : tốc độ tương đối (m/s);

C_d : hệ số cản chính diện;

A : diện tích cản chính diện (m^2).



Hình 1. Các lực cản khí động lực học

Lực cản F_d khiến cho việc tăng tốc trở nên khó khăn vì nó tỉ lệ với bình phương vận tốc. Nghĩa là 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 (60km/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 của thế kỷ trước, 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. Hệ số lực nâng được tính theo công thức sau [3]:

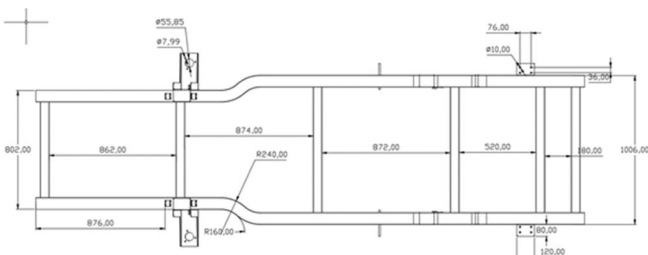
$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad (2)$$

Với xe du lịch cỡ nhỏ, C_L nằm trong khoảng 0,106 đến 0,143 [4]. Tuy nhiên, đối với xe đua thì hệ số này thường nằm trong khoảng -1,602 đến -0,048 [3].

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 tính toán khung vỏ xe điện không thể thiếu 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.

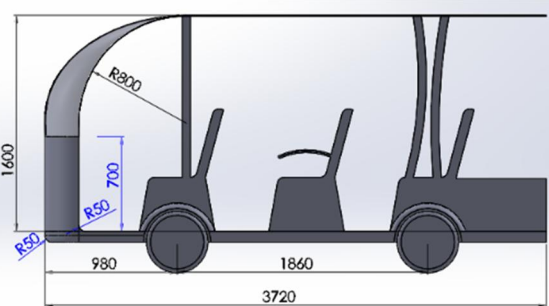
2. THIẾT KẾ VÀ PHÂN TÍCH KHÍ ĐỘNG HỌC XE ĐIỆN HaUI-EV2

Hệ thống khung gầm xe điện đã được thiết kế và kiểm nghiệm bền trong một nghiên cứu khác của nhóm tác giả. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã sử dụng kết quả tính toán kiểm nghiệm bền đó để thiết kế sơ bộ vỏ xe điện. Các thông số chính của khung gầm xe điện HaUI-EV2 được cho trong hình 2.



Hình 2. Kết cấu khung gầm xe điện HaUI-EV2

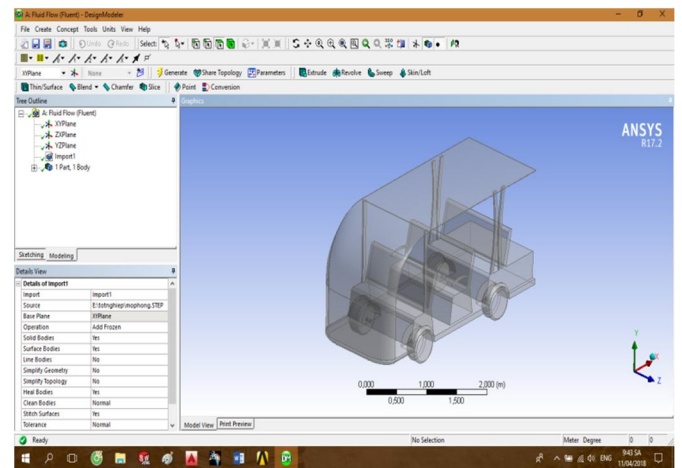
Dựa vào các thông số thiết kế hệ thống khung gầm và các mẫu xe có trên thị trường nhóm nghiên cứu đã đưa ra mô hình thân vỏ xe. Thân vỏ xe ban đầu được thiết kế sơ bộ về kích thước cũng như hình dáng khí động lực học, như trên hình 3.



Hình 3. Mô hình khung vỏ xe điện HaUI-EV2

Để kiểm tra dòng khí và các lực tác dụng lên xe ta đưa mô hình vào phần mềm CFD trong ANSYS để mô phỏng. Quá trình mô phỏng được thực hiện theo các bước sau:

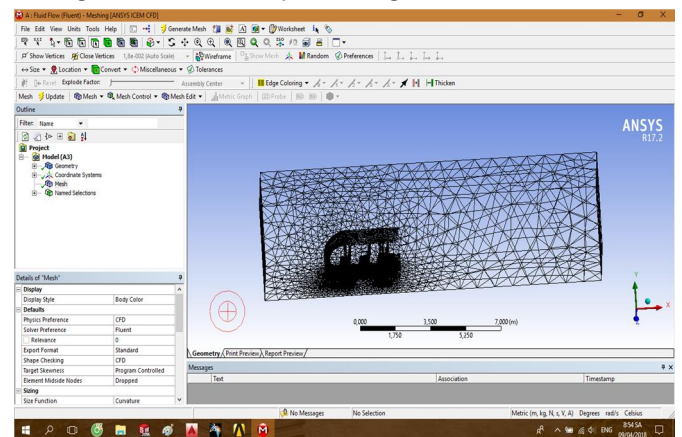
+ Bước 1: Tạo mô hình mô phỏng (do mô hình được tạo từ phần mềm solidworks nên file lưu phải đưa về dạng step).



Hình 4. Mô hình mô phỏng xe điện

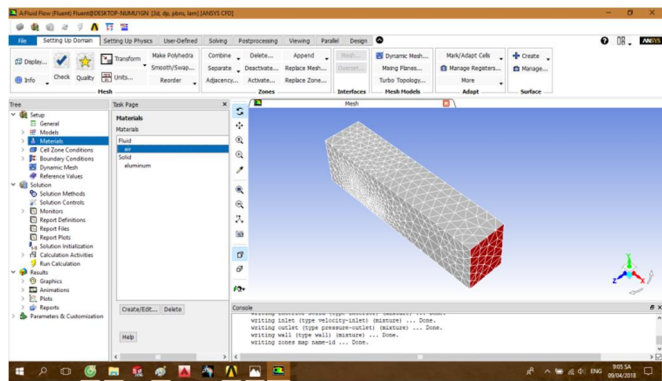
+ Bước 2: Chia phần tử liên kết (Mesh)

Phần mềm dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích các bài toán vật lý cơ học, chuyển các phương trình vi phân phương trình đạo hàm riêng từ dạng giải tích về dạng số với việc sử dụng phương pháp rời rạc hóa. Vì vậy cần chia lưới các phần tử cho phù hợp với từng loại môi trường làm việc của các phần tử nghiên cứu, hình 5.



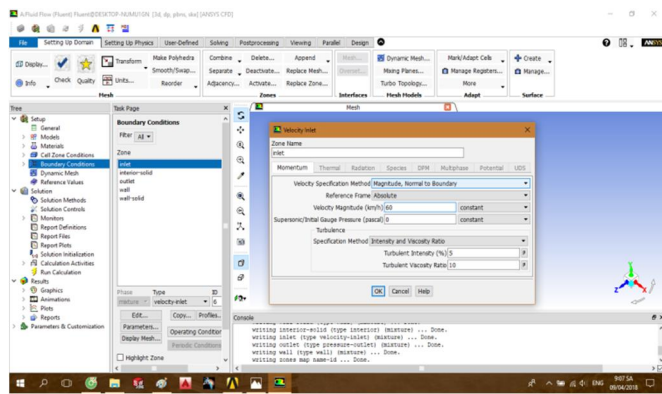
Hình 5. Chia lưới mô hình mô phỏng xe điện

+ Bước 3: Thiết lập các điều kiện đầu vào và điều kiện biên: Để đáp ứng được điều kiện thực tế của môi trường từng vùng và vận tốc xe cần mô phỏng, cần tạo điều kiện và tính chất của dòng khí. Môi trường mô phỏng là phần hình hộp chữ nhật bao quanh xe với vật liệu chính là không khí bên ngoài xe, hình 6.



Hình 6. Thiết lập môi trường mô phỏng

Do đó, khối lượng riêng; vận tốc; mật độ không khí; độ nhớt... là các thông số chính cũng rất quan trọng để thiết lập các điều kiện ban đầu. Việc làm này dẫn tới kết quả mô phỏng được chính xác, tin cậy so với thực tế, hình 7.



Hình 7. Nhập dữ liệu về tính chất không khí

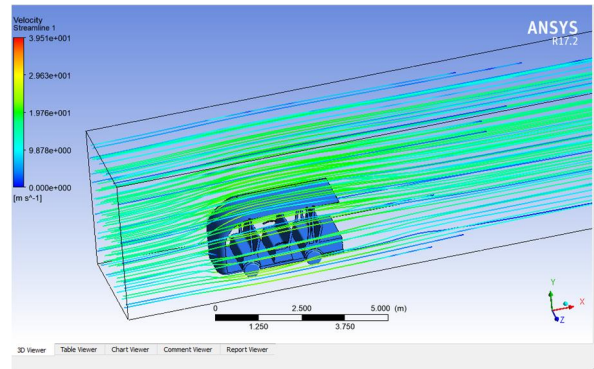
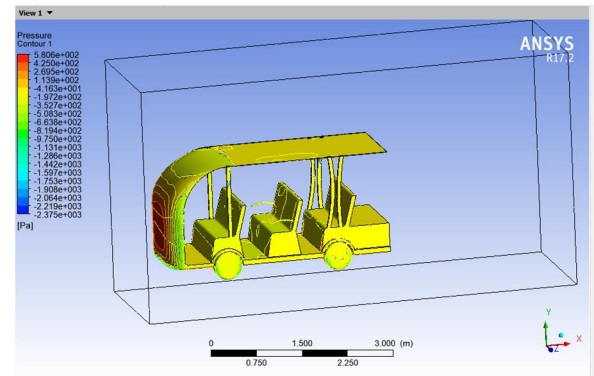
+ Bước 4: Tính toán mô phỏng.

+ Bước 5: Trả ra kết quả mô phỏng.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN.

Ngày nay với sự phát triển của công nghệ máy tính, 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 trong lĩnh vực kỹ thuật. Với tool CFD thì nó là phần mềm hữu hiệu để mô phỏng khí động lực học của thân vỏ xe.

Các kết quả mô phỏng của mô hình thân vỏ xe điện ban đầu được cho trong hình 8. Tốc độ gió trung bình tác dụng lên xe khoảng 29,6m/s và thay đổi ở một số điểm xung quanh vị trí đầu và đuôi xe như trên hình 8.



Hình 8. Áp suất và dòng khí bao quanh xe

Các kết quả mô phỏng sơ bộ của mô hình xe ô tô điện HaUI-EV2 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 9 và 10.

Forces		Forces (n)		Coefficients	
Zone	Pressure	Pressure	Viscous	Pressure	Viscous
wall-solid	(250, 33155 -50, 139525 -1, 3299271)	250, 33155	-50, 139525	0, 54129647	0, 018146687
Net	(250, 33155 -50, 139525 -1, 3299271)	258, 72471	-49, 59016	0, 54129647	0, 018146687

Hình 9. Lực cản không khí chính diện theo phương X

Trên hình 9 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 258,72471N, hệ số cản không khí là 0,541 hệ số cản nhớt là 0,01814 tổng hệ số cản (hệ số cản C_d) là 0,55944. Giảm được giá trị của lực này sẽ giúp xe di chuyển được dễ dàng hơn đặc biệt ở những dải 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.

Forces - Direction Vector (0 1 0)		Forces (n)		Coefficients	
Zone	Pressure	Pressure	Viscous	Pressure	Viscous
wall-solid	(-50, 139525 0, 54936534 -49, 59016)	-49, 59016	0, 54936534	-0, 10841761	0, 0011879027
Net	(-50, 139525 0, 54936534 -49, 59016)	-49, 59016	0, 54936534	-0, 10841761	0, 0011879027

Hình 10. Lực nâng tác dụng lên xe theo phương Y

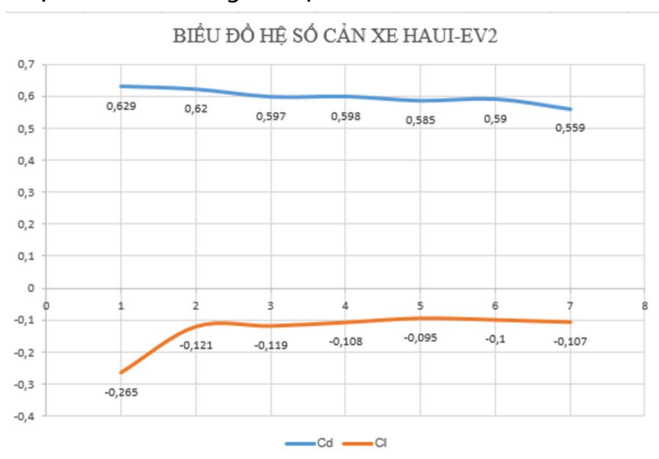
Hình 10 là kết quả tính toán lực nâng của không khí tác dụng lên toàn bộ xe khi chuyển động với vận tốc 60km/h. Kết quả trên hình trả ra giá trị $-49,59N$, và hệ số cản C_d là $-0,107$. Giá trị này âm chứng tỏ lực này ngược chiều với phương của trục Y và nó là lực nén tác dụng lên xe. Khi xe di chuyển với vận tốc cao hệ số cản âm giúp xe bám đường tốt hơn. Nhưng lực nén lớn cũng có thể làm giảm tốc độ xe vì vậy khi thiết kế cần phụ thuộc vào nhu cầu của xe mà cân bằng giữa lực nâng và lực cản.

Từ các kết quả của lực và dòng khí tác dụng lên xe, nhóm nghiên cứu đã đưa ra các mô hình kiểm nghiệm để tạo được mô hình tối ưu nhất. Bây mô hình mô phỏng xe với các cải tiến về hình dáng khí động học và thiết kế khác nhau được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số của mô hình mô phỏng khác nhau

Mô hình mô phỏng	Thay đổi so với thiết kế ban đầu	Giá trị C_d	Giá trị C_l
No.1	Đầu xe nghiêng một góc 80° so với sàn	0,629	-0,265
No.2	Đầu xe vuông góc với sàn xe với độ cao 200mm rồi nghiêng một góc 80° so với sàn	0,620	-0,121
No.3	Đầu xe với vuông góc với sàn với độ cao 300mm rồi nghiêng một góc 80° so với sàn	0,597	-0,119
No.4	Đầu xe với vuông góc với sàn với độ cao 400mm rồi nghiêng một góc 80° so với sàn	0,598	-0,108
No.5	Đầu xe với vuông góc với sàn với độ cao 500mm rồi nghiêng một góc 80° so với sàn	0,585	-0,095
No.6	Đầu xe với vuông góc với sàn với độ cao 600mm rồi nghiêng một góc 80° so với sàn	0,590	-0,100
No.7	Đầu xe với vuông góc với sàn và tiếp tuyến với kính xe	0,559	-0,107

Các thông số về hệ số cản chính diện và hệ số lực nâng của các mô hình mô phỏng xe trong các trường hợp trên được biểu diễn trong đồ thị ở hình 11.



Hình 11. Hệ số cản không khí tác dụng lên khung vỏ xe trong

Từ đồ thị ta thấy, khi hệ số cản C_d giảm thì hệ số nâng C_l tăng và ngược lại, để phù hợp với nhu cầu của xe và môi trường cần chọn xe sao cho cân bằng giữa hệ số cản C_d và hệ số nâng C_l . Với những xe chạy ở tốc độ thấp và trung

binh, lực nâng hay lực bám có vai trò không quan trọng bằng lực cản chính diện. Do đó, nhóm nghiên cứu lựa chọn mô hình số 7 với lực cản chính diện là nhỏ nhất để làm thông số lựa chọn cho các nghiên cứu về sau trên xe điện HAU1-EV2.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được bản thiết kế sơ bộ mô hình thân vỏ xe điện HAU1-EV2 để xác định các thành phần của lực cản không khí tác dụng lên ô tô bằng phần mềm ANSYS. 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 60km/h. Kết quả là giá trị lực cản chính diện là 258,72471N và lực nâng là $-49,59N$. Một thông số về cấu tạo của khung vỏ xe điện cũng đã được lựa chọn dựa trên mức độ ưu tiên giảm lực cản chính diện để giúp xe cải thiện đặc tính khí động lực học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. 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.

[2]. T. B. Ilhan Bayraktar, 2006. *Guidelines for CFD Simulations of Ground Vehicle Aerodynamics*. SAE Paper 2006-01-3544.

[3]. 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.

[4]. 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.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Anh Ngoc, Le Hong Quan, Tran Phuc Hoa,
Hoang Quang Tuan, Chu Duc Hung
 Hanoi University of Industry