

NGHIÊN CỨU LỰC CẢN KHÍ ĐỘNG CỦA Ô TÔ CON

Nguyễn Thanh Quang¹, Lê Quỳnh Mai², Lê Văn Anh¹

Tóm tắt: Có nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước về việc giảm mức tiêu hao nhiên liệu và an toàn chuyển động cho ô tô bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong nội dung của bài báo này đề cập đến ảnh hưởng của khí động học vỏ xe đến chất lượng vận hành của ô tô.

Hệ quả trực tiếp của sự tương tác giữa vỏ xe với môi trường sinh ra các lực cản không khí làm gia tăng mức tiêu thụ nhiên liệu của ô tô, đặc biệt là khi xe chuyển động ở vận tốc cao, lực này tỷ lệ với bình phương của vận tốc. Ngoài ra, lực nâng làm giảm khả năng bám đường, còn các mô men có thể gây nên hiệu ứng lật xe. Đây là những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp tới an toàn chuyển động của ô tô. Để giảm tối đa những ảnh hưởng xấu nêu trên, cần có những nghiên cứu sâu về khí động học vỏ xe ngay trong quá trình thiết kế.

Từ khóa: Vehicle's Aerodynamics, Ansys Fluent.

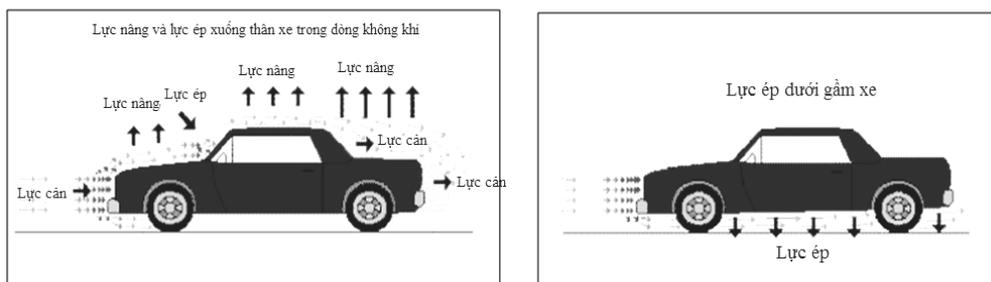
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi chuyển động, ô tô phải khắc phục nhiều loại lực cản: lực cản lăn, lực quán tính, lực ma sát và lực cản của gió.

Lực cản của gió liên quan đến kích thước, hình dáng khí động học, kết cấu vỏ xe và tốc độ chuyển động. Đây cũng là loại lực cản phức tạp nhất mà chúng ta cần tìm hiểu để làm giảm thiểu tối đa lực cản khi ô tô chuyển động, nhằm tăng hiệu suất vận chuyển và giảm tối đa tiêu hao nhiên liệu.

Lực khí động học gồm 3 phần: một thành phần có phương vuông góc với vectơ vận tốc, chiều hướng lên trên gọi là lực nâng và một thành phần cùng phương ngược chiều với vectơ vận tốc gọi là lực cản.

Ngoài các thành phần trên, lực khí động còn bao gồm lực ép xuống (down force), lực này cùng phương ngược chiều với lực nâng. Lực này có tác dụng làm tăng tải trọng trên các bánh xe mà không cần trọng lượng của ô tô đó tăng độ bám đường của lốp, hình 1.



Hình 1. Sơ đồ các khí động lực

Các thông số đặc trưng của khí động học trên 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 xác định theo công thức (1) và (2).

$$F_x = C_x A \frac{\rho U_\infty^2}{2} \quad (1)$$

$$F_z = C_z A \frac{\rho U_\infty^2}{2} \sqrt{2} \quad (2)$$

Trong đó: F_x - Lực cản; F_z - Lực nâng; C_x và C_z : các hệ số; ρ – Khối lượng riêng của không khí; U_∞ -

¹ Khoa Công nghệ Ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

² Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, Hà Nội

vận tốc chuyển động (m/s); A – diện tích cân chính diện (m²).

Công thức trên cũng cho thấy, để giảm lực cản của không khí lên vật đang chuyển động thì chỉ có cách duy nhất là giảm hệ số C_x.

Trong nghiên cứu khí động học, có 2 thông số quan trọng đặc trưng dòng chảy không khí là hệ số Reynolds, công thức (3) và hệ số Mach, công thức (4):

Hệ số Reynolds:

$$R_e = \frac{\rho_{\infty} U_{\infty} L}{\mu_{\infty}} \quad (3)$$

$$M = \frac{U_{\infty}}{a_{\infty}} \quad (4)$$

Trong đó: L – thông số hình học đặc trưng (m); μ – Hệ số độ nhớt động lực (N.s/m²); a – vận tốc truyền âm trong không khí. Chỉ số “∞” trong các công thức trên thể hiện thông số được lấy ở vùng không khí cách xa vật chuyển động và không chịu ảnh hưởng của vật này.

Lực cản không khí

Lực cản không khí có thể phân tích thành 2 thành phần là: cản do ma sát F_{ms} và cản do chênh áp F_{ca}, do vậy C_x cũng được chia thành 2 thành phần trong công thức (5).

$$C_x = C_{ms} + C_{ca} \quad (5)$$

Giảm C_x đồng nghĩa với việc cải thiện hình dáng khí động học của ô tô.

2. CÔNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hệ phương trình mô tả dòng chảy

Phương trình động lượng của dòng chảy rối nhớt có dạng công thức (6).

$$\partial_i \bar{u}_i + \bar{u}_j \partial_j \bar{u}_i = -\frac{1}{\rho} \partial_i \bar{p} + \frac{1}{\rho} \partial_j ((\mu + \mu_t) \partial_j \bar{u}_i) \quad (6)$$

Hệ số phương trình sẽ gồm các phương trình (6) và (7), (8).

$$\rho \partial_t k + \rho \bar{u}_j \partial_j k = \partial_i (\Gamma_k \partial_i k) + \bar{G}_k - Y_k - S_k \quad (7)$$

$$\rho \partial_t \omega + \rho \bar{u}_j \partial_j \omega = \partial_i (\Gamma_{\omega} \partial_i \omega) + \bar{G}_{\omega} - Y_{\omega} - S_{\omega} \quad (8)$$

Trong đó \bar{G}_k đặc trưng cho sự hình thành động năng do gradient vận tốc; \bar{G}_{ω} đặc trưng cho sự hình thành dòng rối; Γ_k và Γ_{ω} đặc trưng cho sự khuếch tán của k và ω; Y_k và Y_{ω} đặc trưng cho sự tán xạ của k và ω trong dòng chảy; S_k đặc trưng cho sự khuếch tán chéo; S_k và S_{ω} là các thông số do người sử dụng lựa chọn trong thư viện của FLUENT.

2.2. Phương pháp tính toán lực khí động

Lực khí động theo một phương pháp nhất định xác định bởi vector \vec{a} bao gồm 2 thành phần cấu thành là lực do chênh lệch áp suất và lực do ma sát nhớt tính theo công thức (9).

$$F_a = \vec{a} \vec{F}_p + \vec{a} \vec{F}_v \quad (9)$$

Trong đó: \vec{a} là vector xác định phương của lực; \vec{F}_p là lực do chênh lệch áp; \vec{F}_v là lực do ma sát nhớt.

Các thông số thu được từ kết quả tính sẽ được xác định trên các ô lưới trong phương pháp số, lực khí động được tính bằng tổng các lực thành phần.

3. MÔ PHỎNG KHÍ ĐỘNG HỌC TRÊN VỎ XE

3.1. Các giả thiết

Mô hình là tuyệt đối cứng, không xảy ra sự biến dạng của vỏ xe trong suốt quá trình mô phỏng. Bỏ qua quá trình trao đổi nhiệt giữa vỏ xe và không khí. Bề mặt vỏ xe là bề mặt nhẵn tuyệt đối, găm xe phẳng (không xét đến các yếu tố khác của xe như: gương chiếu hậu, các gân, gờ, khe rãnh). Vận tốc dòng khí đầu vào của không gian mô phỏng có phương song song với trục dọc của xe, thổi theo hướng từ đầu xe tới đuôi xe và có giá trị không đổi trong suốt quá trình mô phỏng. Vận tốc không khí tại bề mặt vỏ xe và bề mặt giới hạn của vùng không gian mô phỏng bằng 0 m/s.

3.2. Các thuộc tính ràng buộc bài toán

Thuộc tính của không khí: Khối lượng riêng của không khí là 1,225kg/m³, độ nhớt động học là 1,7894.10⁻⁵ (kg.m/s⁻¹).

Vận tốc dòng khí tại đầu vào (tại vị trí mặt cắt ngang của vùng không gian mô phỏng mà tại đó ANSYS-FLUENT bắt đầu thực hiện việc tính toán mô phỏng). Giá trị vận tốc của dòng khí tại đầu vào này do người dùng tự lựa chọn và hoàn toàn xác định, có thể coi vận tốc này tương đương vận tốc dòng khí ổn định ở ∞ (V_∞).

Áp suất không khí tại đầu ra của vùng không gian mô phỏng. Khi dòng khí tại đầu ra của vùng không gian mô phỏng chuyển động ổn định (không còn ảnh hưởng của hiện tượng xoáy của dòng khí) thì áp suất có thể xác định bằng áp suất khí quyển (áp suất môi trường xung quanh).

Thuộc tính của bề mặt mô hình vỏ xe: lựa chọn thuộc tính “wall – no slip” là dạng “thường – không

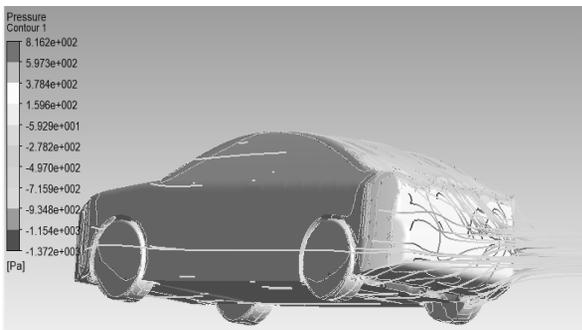
trượt”, đảm bảo tính chất của bề mặt vỏ xe phù hợp với giả thiết không biến dạng và có ma sát nhớt giữa dòng khí và bề mặt vỏ xe.

Thuộc tính của thành giới hạn vùng không gian mô phỏng: Lựa chọn thuộc tính “symmetry” để loại bỏ ảnh hưởng của tường bao lên dòng không khí tác động lên vỏ xe.

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

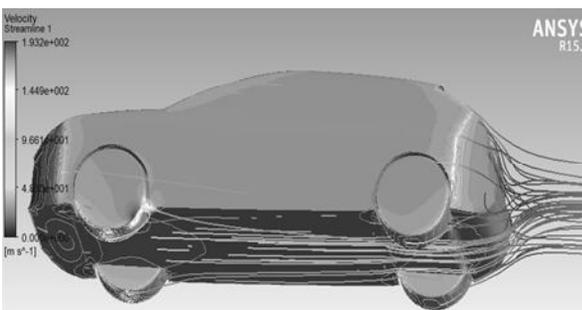
4.1. Hình ảnh mô phỏng

Hình ảnh mô phỏng một số xe được trình bày trong các hình 2 và hình 3. Trên hình 2 là kết quả mô phỏng khí động tổng cộng trên xe Mazda 3 sedan. Giá trị áp lực tác dụng lên vỏ xe: Max= 816.2 [Pa]; Min=-1372.49 [Pa]; Lực cản khí động tổng cộng tác dụng lên vỏ xe: P = 397.887 [N]; Diện tích tiếp xúc trên bề mặt vỏ xe: F = 28.3572 m²



Hình 2. Kết quả khảo sát lực khí động tổng cộng trên Mazda 3 sedan

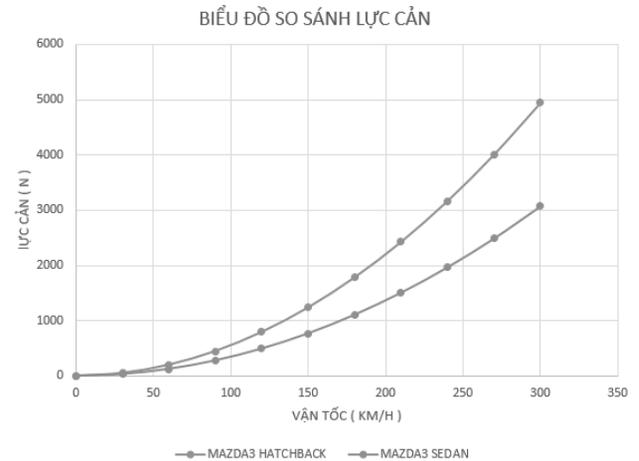
Trên hình 3 là kết quả mô phỏng khí động tổng cộng trên Mazda 3 hatchback. Giá trị áp lực tác dụng lên vỏ xe: Max= 875.4 [Pa]; Min=-1428.32 [Pa]; Lực cản khí động tổng cộng tác dụng lên vỏ xe: P = 641.568 [N]; Diện tích tiếp xúc trên bề mặt vỏ xe: F = 30.0339 m².



Hình 3. Kết quả khảo sát lực khí động tổng cộng trên Mazda 3 hatchback

4.2. Phân tích đánh giá hình dạng khí động học vỏ xe

Trên hình 5 ta thấy ở vận tốc 150 km/h lực cản dòng hatchback là 1237 N lớn hơn lực cản dòng sedan là 470 N với cùng tốc độ. Dòng xe Mazda 3 hatchback sẽ tốn nhiên liệu hơn xe sedan nếu chạy cùng vận tốc và chung một loại động cơ. Khả năng tăng tốc cũng như tốc độ cực đại mà xe đạt được cũng nhỏ hơn. Nhưng đổi lại xe hatchback lại có thêm khoang chứa đồ tiện lợi rộng hơn.



Hình 4. So sánh lực cản xe mazda 3 hatchback và sedan

Bảng 1. Bảng kết quả mô phỏng so sánh lực cản một số xe

Vận tốc (Km/h)	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Mazda3 hatchback	49	197	445	791	1237	1782	2425	3167	4009	4949
Mazda3 sedan	30	122	276	491	767	1105	1503	1964	2486	3069
genesis coupe	44	179	403	716	1119	1612	2194	2865	3627	4478
genesis cánh đuôi	58	235	530	942	1472	2121	2886	3770	4772	5891
Mazda CX5	66	264	594	1057	1652	2397	3238	4229	5364	6557

5. KẾT LUẬN

Bằng việc sử dụng phần mềm Ansys Fluent để xây dựng mô hình mô phỏng, gán các điều kiện ràng buộc giả định giống như khi xe đang di chuyển trên đường từ đó tính toán được các sức cản khí động học tác động trực tiếp lên ô tô, mô phỏng trực quan bằng hình ảnh và đồ thị.

Qua những kết quả đó chúng ta có thể đưa ra được các giải pháp tối ưu nhằm cải thiện hình dáng

giảm thiểu tối đa sức cản khí động học tác dụng lên ô tô khi xe chuyển động. Việc giảm thiểu này giúp chúng ta tiết kiệm nhiên liệu một cách đáng kể và giúp cho xe di chuyển ổn định hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Cao Trọng Hiền, Đào Mạnh Hùng (2010), *Lý thuyết ô tô*, Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- Nguyễn Hữu Cần, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng (2005), *Lý thuyết ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật Hà Nội.
- Phạm Văn Vĩnh (1994), *Cơ học chất lỏng ứng dụng*, Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- Phạm Văn Khảo (1999), *Truyền động tự động khí nén*, NXB Khoa học kỹ thuật, Hà nội.
- Ansys.com
- Tài liệu kỹ thuật xe Mazda3, Mazda CX5, Hyundai genesis coupe.
- School of Engineering Blackpool and the Fylde College (2016), *Aerodynamic Vehicle Design and Analysis*
- Prof. Tamás Lajos (2002), *Basics of vehicle aerodynamics*, Budapest University of Technology and Economics Department of Fluid Mechanics

Abstract:

RESEARCH AERODYNAMICS ON THE BODY OF VEHICLES

There are many researchs domestic and abroad about reducing the fuel consumption and safety of cars by various methods. This article discusses the effect of aerodynamics on vehicle performance.

The direct consequence of the interaction of the aerodynamics with the frame shell that produces the air resistance increases the fuel consumption of the automobile, especially when the vehicle is moving at high speed. In addition, lift forces reduce the ability to grip, while the momentum can cause the flip effect for vehicle. These are the factors that directly affect the safety of moving cars.

In order to reduce the negative effects mentioned above, it is necessary to have in-depth studies of the vehicle's aerodynamics during the design process.

Keywords: Vehicle's Aerodynamics, Ansys Fluent

Ngày nhận bài: 02/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 02/9/2019