

# PHÂN TÍCH KHÍ ĐỘNG LỰC HỌC MÔ HÌNH Ô TÔ SỬ DỤNG PHẦN MỀM ANSYS FLUENT

AERODYNAMIC ANALYSIS OF CAR MODEL USING ANSYS FLUENT

TS. Nguyễn Văn Trà, KS. Lê Quốc Tiệp  
Học viện Kỹ thuật Quân sự

## TÓM TẮT

Ngày nay, khí động lực học ô tô đang đóng vai trò quan trọng trong sự cạnh tranh ngày càng tăng trong lĩnh vực ô tô. Khí động lực học ảnh hưởng đến các thông số chuyển động của ô tô thông qua lực cản và lực nâng, đặc biệt là ở tốc độ cao. Với sự phát triển của công nghệ máy tính, các nhà sản xuất đã nhìn thấy khả năng tính toán động lực học dòng chảy thay vì thử nghiệm ở các hầm gió để giảm thời gian thử nghiệm và tiết kiệm chi phí nghiên cứu và phát triển. Trong bài báo này, lực cản và lực nâng của ô tô được xác định thông qua việc phân tích dòng chảy quanh nó bằng cách sử dụng phần mềm Ansys Fluent.

**Từ khóa:** CFD, hệ số cản động học, hệ số nâng, Ansys, Fluent.

## ABSTRACT

Nowadays with increase in competition in automobile sector, vehicle aerodynamics plays an important role. Aerodynamics affect the performance of vehicle due to change in parameters such as lift and drag forces especially at high speed. With improvement in computer technology, manufacturers are looking toward computational fluid dynamics instead of wind tunnel testing to reduce the testing time and keep the cost of Research and Development low. In this paper, lift and drag of production vehicle are determined by the analysis of flow of air around it using Ansys Fluent.

**Keywords:** CFD, drag coefficient, lift coefficient, Ansys, Fluent.

**1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Trong những năm gần đây, lượng ô tô lưu thông ở Việt Nam đang tăng lên rất nhiều và dự báo xu hướng này sẽ ngày càng gia tăng. Cùng với sự gia tăng về số lượng ô tô thì đi đôi với nó chính là vấn đề ô nhiễm môi trường và giải quyết vấn đề nhiên liệu trong tương lai. Do đó, yêu cầu đặt ra đối với nhà sản xuất ô tô là nghiên cứu tìm ra cách thức mới và công nghệ mới để giảm lượng tiêu thụ nhiên liệu và tăng hiệu quả sử dụng ô tô. Nghiên cứu nâng cao đặc tính khí động lực học ô tô là một trong những hướng đi trọng xu hướng đó. Trong thế kỷ 20, việc thử nghiệm khí động lực học ô tô trong hầm gió là cách phổ biến và đem lại hiệu quả cao. Tuy nhiên, hiện nay với sự phát triển của công nghệ tính toán và mô phỏng số đặc biệt là tính toán động lực học dòng chảy (CFD) đã giúp nghiên cứu hành vi của dòng chảy mà không cần phải tạo ra một mô hình vật lý, góp phần tiết kiệm thời gian và chi phí nghiên cứu và phát triển.

Bài báo này, chỉ tập trung vào việc phân tích CFD của một chiếc xe có bản thiết kế xe. Mô hình xe được tạo ra trong phần mềm Autodesk Inventor và được phân tích bằng phần mềm Ansys Fluent với mục đích để mô phỏng dòng chảy không khí xung quanh chiếc xe để đưa ra được hệ số cản khí động và hệ số nâng của nó.

**2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

CFD hay tính toán động lực học chất lỏng là một nhánh của cơ học chất lỏng, với sự giúp đỡ của máy tính, sử dụng phương pháp số để giải quyết và phân tích vấn đề liên quan đến dòng chảy chất lỏng. Máy tính được sử dụng để thực hiện các tính toán sử dụng một thủ tục lặp đi lặp lại trong đó độ chính xác giải pháp cải thiện với mỗi lần lặp. Các phương trình cơ bản để giải quyết trong các vấn đề CFD là các phương

trình Navier-Stokes. Trong chế độ chảy tầng, các dòng chảy của chất lỏng có thể được hoàn toàn dự đoán bằng cách giải quyết các trạng thái ổn định của phương trình Navier-Stokes, có thể dự đoán được vận tốc và các miền áp suất. Khi các dòng bắt đầu quá trình chuyển đổi sang chảy rối, nó không còn có thể giả định rằng dòng chảy là bất biến với thời gian. Trong trường hợp này, cần thiết phải giải quyết các vấn đề trong miền thời gian. Khi hệ số Reynolds tăng, các trường dòng chảy thể hiện bằng các xoáy nhỏ, và khoảng thời gian của các dao động trở nên quá ngắn để giải các phương trình Navier-Stokes. Trong chế độ dòng chảy này, một hệ số Reynolds trung bình được sử dụng để giải phương trình Navier-Stokes, dựa trên quan sát miền dòng chảy theo thời gian có dao động nhỏ, cục bộ được nghiên cứu trong một khoảng thời gian trung bình.

**a) RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes).**

Các phương trình Navier-Stokes với hệ số Reynolds trung bình (còn được gọi là phương trình RANS) là các phương trình dùng để dự đoán dòng chảy chất lỏng sử dụng trong một thời gian tính toán trung bình. Các khái niệm chính được áp dụng là các hệ số Reynolds được khuếch tán trong đó, bao gồm một lượng tức thời theo thời gian trung bình của nó và sự thay đổi số lượng. Thời gian trung bình tự nhiên của phương trình được lựa chọn khi mô phỏng dòng chảy rối. Xấp xỉ nhất định phải dựa trên các kiến thức về tính chất của dòng chảy rối, các phương trình này có thể được sử dụng tính thời gian trung bình để giải các phương trình Navier-Stokes.

**b) Mô hình k- epsilon**

Mô hình k-epsilon là một mô hình được sử dụng phổ biến cho các mô hình chảy rối. Nó là một mô hình hai phương trình và sử dụng hai phương trình truyền bổ sung để mô tả cho các thuộc tính rối của dòng chảy. Điều này cho phép

một mô hình hai phương trình để giải thích cho các ảnh hưởng mang tính lịch sử như đối lưu và khuếch tán năng lượng chảy rối. Tuy nhiên, mô hình này không thực hiện tốt trong các trường hợp gradient áp suất có sự thay đổi lớn.

Mô hình này được mô tả bằng hai phương trình:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} = \text{div}(\rho k U) = \text{div}\left(\frac{\mu_t}{\sigma_k} \text{grad} k\right) + G_k - \rho \varepsilon \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} = \text{div}(\rho \varepsilon U) = \text{div}\left(\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \text{grad} \varepsilon\right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2)$$

Với  $G_k$  là đại lượng đặc trưng cho sự sinh động năng rối (với mọi loại mô hình rối đặc trưng này sẽ khác nhau).

$C_{1\varepsilon}, C_{2\varepsilon}$ : Các hằng số có thể điều chỉnh được;  
 $\sigma_k, \sigma_\varepsilon$ : Lần lượt là hệ số Prandtl cho  $k$  và  $\varepsilon$ .

### c) Triển khai mô hình k - epsilon

Khi triển khai các mô hình k-epsilon để giải quyết tốt những thiếu sót của mô hình k-epsilon truyền thống cần phải kết hợp:

- Một công thức xoáy - Nhớt mới liên quan đến một biến  $C_\mu$  ban đầu được đề xuất bởi Reynolds.

- Một mô hình phương trình mới cho sự khuếch tán dựa trên phương trình động lực học theo sự biến động vận tốc bình phương trung bình. Mô hình này làm cho nó có thể để đạt được kết quả tốt trong điều kiện của các giá trị tích phân (ví dụ.  $C_d$ ) là trong khoảng 2÷5% giá trị thực tế. Nó cũng rất ổn định và hội tụ một cách nhanh chóng.

### d) Hàm trạng thái không cân bằng của tường (NWF)

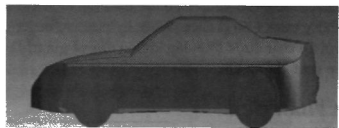
Đối với hệ số Reynolds cao của dòng

chảy, chẳng hạn như trong dòng chảy bên ngoài xung quanh ô tô, để giải quyết các khu vực gần tường đến tường là không thực tế. Để khắc phục điều này, hàm của tường được sử dụng. NWF sẽ đưa vào tính toán các tác động của biến đổi cục bộ trong độ dày của lớp con, khi tính toán năng lượng động học rối trong các phần tử lân cận tường. Bên cạnh đó, NWF cũng nhạy cảm với gradient áp suất bất thường. Điều này là phổ biến đối với dòng chảy xung quanh ô tô. So với các hàm truyền thống của tường, NWF cung cấp dự đoán thực tế hơn về các hành vi của các lớp ranh giới rối, bằng cách tách dòng chảy mà không có một sự gia tăng đáng kể trong cả thời gian của CPU hoặc bộ nhớ động.

## 3. TIỀN XỬ LÝ

### a) Mô hình hình học của ô tô

Đối với mô hình hình học, sử dụng phần mềm Autodesk Inventor. Quá trình xây dựng mô hình liên quan đến xuất nhập các bản thiết kế xe vào Inventor với sự giúp đỡ của những đường cong 3D. Những đường cong sau đó hành động như ranh giới để tạo ra các bề mặt. Mô hình bề mặt cuối cùng đã được chuyển đổi thành một vật rắn (hình 1) trước khi nhập nó vào Ansys.



Hình 1. Mô hình hình học của ô tô

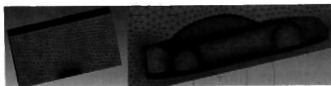
### b) Tạo miền bao

Để mô phỏng các luồng không khí xung quanh ô tô cần phải tạo một khối lượng chất khí xung quanh bao gồm cả ô tô. Điều này đã được thực hiện bằng cách tạo ra một vùng bao xung

quanh ô tô và trừ thân xe. Vùng bao này đóng vai trò như các miền không khí. Để giảm thời gian tính toán tổng thể, ô tô được coi là đối xứng hai bên.

## c) Tạo lưới

Trong khi tạo lưới, sử dụng chức năng định cỡ lưới ở bất cứ nơi nào cần thiết để xác định chính xác các hệ số cân khí động và hệ số nâng. Khi tách lớp biên có một tác động đáng kể tới cân khí động, nằm lớp được bơm phồng được thêm vào các bề mặt xe để giải quyết đúng các lớp biên. Tổng số phần tử là 628792 và số nút là 172436.



Hình 2. Tạo lưới của miền không khí xung quanh ô tô

## d) Điều kiện biên

Mặt phẳng biên đầu vào được đặt tên là “velocity-inlet”. Dòng khí chạy qua biên đầu vào được đặt ở vận tốc 40 m/s. Đường và thân xe được thiết lập là tường. Các bề mặt bao xung quanh là các bề mặt tường tượng, được đặt tên là các các mặt đối xứng và được thiết lập điều kiện không trượt. Đầu ra được đặt tên là “pressure-outlet” với áp suất được thiết lập không đổi và giá trị là áp suất không khí.

## 4. PHÂN TÍCH

Để phân tích, cần sử dụng một áp suất dựa trên trạng thái ổn định. Sử dụng các phương trình và các phương pháp giải theo các điều kiện đầu vào:

- Áp suất ở trạng thái ổn định;
- Triển khai mô hình k-epsilon với tường ở trạng thái không cân bằng;

- Vận tốc không khí ở đầu vào: 40 m/s;

- Khu vực tham khảo để xác định hệ số cân động học và hệ số nâng;

- Diện tích phía trước: 1,83 m<sup>2</sup>.

Phương pháp giải thu được bằng cách thực hiện lặp đi lặp lại với ba giai đoạn. Với mỗi giai đoạn, độ chính xác giải đã được nâng lên bằng cách sử dụng phương trình bậc cao. Trong giai đoạn đầu, sử dụng lớp phương trình đầu tiên để ngăn chặn các ảnh hưởng từ khuếch tán. Các sơ đồ quá độ giả được lựa chọn để tăng tốc độ hội tụ. Khi đã hội tụ, các phương trình tự nâng bậc. Việc lặp đi lặp lại đã được tiến hành lên đến điểm mà sự thay đổi trong giá trị của hệ số cân đã được tìm thấy không đáng kể.

## 5. PHÂN TÍCH CHÍNH XÁC

### a) Kiểm tra mô hình

Để kiểm tra tính chính xác của các kết quả thu được bằng cách sử dụng các thiết lập nêu trên, mô hình Ahmed được sử dụng để phân tích đầu tiên. Các hệ số cân trong mô phỏng này ( $C_d = 0,295$ ) liên quan chặt chẽ đến các dữ liệu đường hầm gió cho mô hình Ahmed ( $C_d = 0,285$ ). Kết quả phải nằm trong phạm vi chính xác mong muốn.

### b) Ứng dụng các mô hình rối

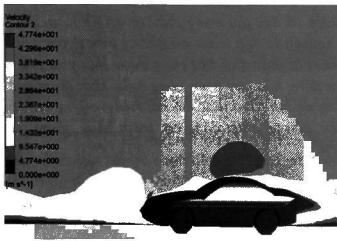
Các kết quả thu được bằng cách sử dụng mô hình k-epsilon (trong đó sử dụng các hàm của tường) phụ thuộc rất nhiều vào tường Y-plus. Y-plus là thông số không chiều trong đó xác định chiều cao của ô đầu tiên tiếp xúc với bề mặt. Đối với mô hình k-epsilon, giá trị của Y-plus thu được trên bề mặt ô tô nên nằm trong khoảng 25÷300. Điều này đã được thu được bằng phương pháp thử cách tỉ mỉ, cần lỗi trong đó kích thước lưới các bề mặt đã được thay đổi cho các khu vực khác nhau trên ô tô.

## 6. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

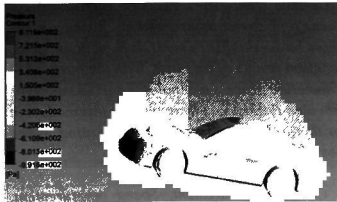
Hệ số cản động học thu được từ việc phân tích là 0,368. Việc phân tích những tác động khí động học của bộ tản nhiệt và gầm xe đã được ra khỏi phạm vi của nghiên cứu này. Tuy nhiên, hai yếu tố này có ảnh hưởng đáng kể và khoảng từ 15÷20% tổng số lực cản khí động toàn xe. Các thiết lập giải quyết cùng với các kết quả sau mỗi giai đoạn được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thiết lập giải quyết và kết quả mô phỏng:

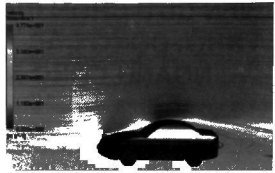
Thông số	Giá trị
Mô hình thuật toán	k-epsilon
Thuật toán	Couple
Hệ số cản động học $C_d$	0,368
Hệ số nâng	0,341



Hình 3. Miền vận tốc xung quanh xe



Hình 4. Miền áp suất xung quanh xe



Hình 5. Dòng không khí xung quanh xe

## 7. KẾT LUẬN

Phân tích CFD đã được thực hiện thành công trên các ô tô được nghiên cứu và phát triển trong thời gian gần đây. Các kết quả của mô phỏng (hệ số cản khí động, hệ số nâng) có được sau quá trình phân tích có thể coi là phù hợp do không có sự sai khác nhiều với mô hình thực tế của một ô tô cụ thể. Khi mô phỏng được là phù hợp với thực tế, bước tiếp theo là làm cho các thay đổi trong hình học của mô hình ban đầu tích cực có thể ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng. ❖

Ngày nhận bài: 14/02/2016

Ngày phản biện: 15/3/2016

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. IR H. Abbott, *Theory of wing section*, USA, 1958.
- [2]. R. B. Sharma, Ram Bansal, *CFD Simulation for Flow over Passenger Car Using Tail Plates for Aerodynamic Drag Reduction*, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 2013.
- [3]. Wolf-Heinrich Hucho, *Aerodynamics of road vehicle*, Springer, 1998.
- [4]. ANSYS Fluent Tutorial Guide, ANSYS Inc, 2013.