

NGHIÊN CỨU CÁC GIẢIPHÁP GIẢMLỰC CẢN KHÍ ĐỘNG TRÊN VỎ Ô TÔ KHÁCH BẰNG PHẦN MỀM ANSYS

RESEARCH IN SOLUTIONS TO REDUCE AERODYNAMIC DRAG ON BUS WITH ANSYS SOFTWARE

Đỗ Văn Quyết¹, Nguyễn Trọng Hoan², Tô Hoàng Tùng³

¹Trường Đại học Sao Đỏ

²Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

³Cục Đăng kiểm Việt Nam

TÓM TẮT

Lực cản khí động tác dụng lên vỏ ô tô khách cỡ lớn chuyển động với vận tốc cao tiêu thụ một phần đáng kể công suất của động cơ. Đây là một trong những nguyên nhân làm gia tăng mức tiêu thụ nhiên liệu và ô nhiễm môi trường. Bài báo, trình bày phương pháp và một số kết quả tính toán xác định lực cản khí động trên vỏ ô tô khách bằng phần mềm ANSYS-FLUENT. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, các tác giả đề xuất một số giải pháp thay đổi kết cấu vỏ xe nhằm giảm thiểu lực cản khí động mà không ảnh hưởng đến không gian sử dụng cũng như tính thẩm mỹ của nó.

Từ khóa: Khí động học, lực cản khí động, hệ số cản khí động.

ABSTRACT

The force of aerodynamic drag on the body of big buses which are moving at high velocity consuming a significant share of the engine capacity. This is one of the reasons which increase the fuel consumption and environmental pollution. The research paper presents the methodology and calculation results to determine the aerodynamic drag on the bus body with the ANSYS-FLUENT software. Based on the research findings, solutions are recommended to change the bus body structure to minimize the aerodynamic drag without any impact on the bus space and its aesthetic.

Keywords: Aerodynamics, aerodynamic drag, aerodynamic drag coefficient.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô tô khách giường nằm hai tầng đang được sử dụng phổ biến ở Việt Nam để vận chuyển hành khách trên những tuyến đường dài, trong đó ô tô lắp ráp trong nước chiếm tỷ trọng cao. Do có kích thước lớn, loại ô tô này

chịu lực cản khí động rất lớn, đặc biệt là khi chuyển động trên đường quốc lộ hoặc đường cao tốc với vận tốc cao. Theo lý thuyết, lực cản khí động được xác định theo công thức:

$$F_r = \frac{1}{2} AC_x \rho V^2 \quad (1)$$



Trong công thức trên, khối lượng riêng của không khí ρ là thông số không thể thay đổi. Để giảm lực cản, nếu giảm diện tích cản chính diện A thì không gian sử dụng bị giảm, còn nếu giảm vận tốc V thì sẽ làm giảm năng suất vận chuyển. Vì vậy, giải pháp duy nhất để giảm lực cản không khí là tạo hình dạng khí động học tối ưu để có được hệ số cản C_x nhỏ nhất.

Để giảm C_x cần có những nghiên cứu sâu cả về lý thuyết và thực nghiệm nhằm xác định được các yếu tố ảnh hưởng, trên cơ sở đó đề xuất các giải pháp cải thiện kết cấu phù hợp. Tuy nhiên, các nghiên cứu lý thuyết hiện nay đều được thực hiện dựa trên việc giải phương trình Navier – Stokes bằng phương pháp số với sự hỗ trợ của các máy tính siêu mạnh. Ngoài ra, các nghiên cứu thực nghiệm đòi hỏi phải có trang thiết bị phù hợp và chi phí rất cao. Đây là những khó khăn lớn đối với các nhà nghiên cứu ở Việt Nam.

Với những khó khăn trên, nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm chuyên dụng ANSYS – FLUENT để mô phỏng dòng chảy không khí bao quanh vỏ xe và từ đó tính toán xác định hệ số cản C_x . Đây là công cụ mô phỏng dòng chảy hiệu quả và có độ chính xác cao, được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới chấp nhận và sử dụng [3].

2. MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY KHÔNG KHÍ BAO QUANH VỎ XE BẰNG ANSYS

Để mô tả dòng chảy rối bao quanh vỏ xe, phần mềm sử dụng phương trình Reynolds Navier Stokes trung bình hóa (Reynolds Average Navier Stokes, viết tắt là RANS):

$$\partial_i \bar{u}_i = 0$$

$$\partial_i \bar{u}_i + \bar{u}_i \partial_i \bar{u}_i = -\frac{1}{\rho} \partial_i \bar{p} + \frac{1}{\rho} \partial_i (\tau_{ij} - \overline{\rho u'_i u'_j}) \quad (2)$$

Trong các phương trình trên, các thành

phần vận tốc theo 3 phương u_i và áp suất chất lỏng p được mô tả như sau:

$$u_i = \bar{u}_i + u'_i; p = \bar{p} + p' \quad (3)$$

Với \bar{u}_i, \bar{p} là giá trị trung bình và u'_i, p' là thành phần biến động của vận tốc và áp suất.

Để mô tả ứng suất của dòng rối

$\tau'_{ij} = -\overline{\rho u'_i u'_j}$, người ta sử dụng các mô hình khác nhau tùy theo yêu cầu cụ thể của bài toán. ANSYS – Fluent cũng cung cấp nhiều mô hình để giải bài toán này. Hiện nay, mô hình được dụng nhiều hơn cả là SST k - ω . Khi đó, ngoài RANS có thêm 2 phương trình sau:

$$\rho \partial_i k + \overline{\rho u'_i} \partial_i k = \partial_i (\Gamma_k \partial_i k) + \tilde{G}_k - Y_k + S_k \quad (4)$$

$$\rho \partial_i \omega + \overline{\rho u'_i} \partial_i \omega = \partial_i (\Gamma_\omega \partial_i \omega) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega + S_\omega \quad (5)$$

Trong đó, \tilde{G}_k đặc trưng cho sự hình thành động năng do gradient vận tốc; 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; D_ω 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. Các thông số trong các phương trình được xác định theo tài liệu hướng dẫn sử dụng FLUENT [4].

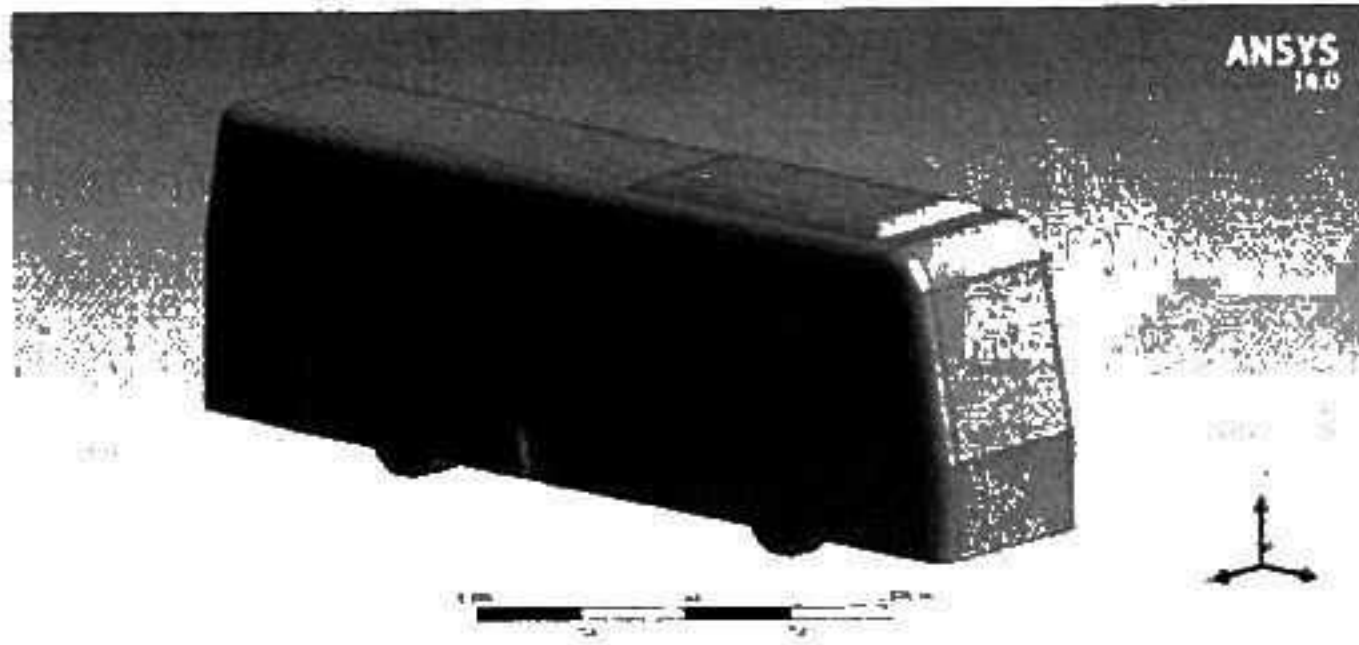
3. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA DÒNG CHẢY KHÔNG KHÍ BAO QUANH VỎ XE BẰNG ANSYS

3.1. Phương pháp tính toán

Để tính toán các thông số của dòng khí trong ANSYS cần thực hiện các bước sau: Xây dựng mô hình 3D vỏ xe, lựa chọn không gian tính toán, chia lưới và đặt các điều kiện ràng buộc, giải bài toán và xuất kết quả. Trong bài báo này, trình bày một số kết quả thu được cho mô hình vỏ xe khách được xây dựng trên cơ sở

các số liệu của THACO KB120LSI (hình 1).

Do FLUENT thực hiện tính toán bằng phương pháp thể tích hữu hạn, nên kết quả được xác định tại mỗi điểm nút, gồm có: Áp suất, các thành phần vận tốc theo 3 phương. Các kết quả tính toán có thể được thể hiện dưới dạng các đồ thị, hình ảnh và các bảng số liệu [3].



Hình 1. Mô hình không gian vỏ xe khách trong ANSYS

Lực khí động tại một điểm nút trên lưới theo một phương nhất định xác định bởi véc tơ bao gồm 2 thành phần cấu thành là lực do chênh áp và lực do ma sát nhớt:

$$F_a = \vec{a}F_p + \vec{a}.F_v \quad (6)$$

Trong đó: F_v là lực do ma sát nhớt; F_p là lực do chênh áp:

$$F_p = \sum_{i=1}^n (p - p_{ref}) A \vec{n} \quad (7)$$

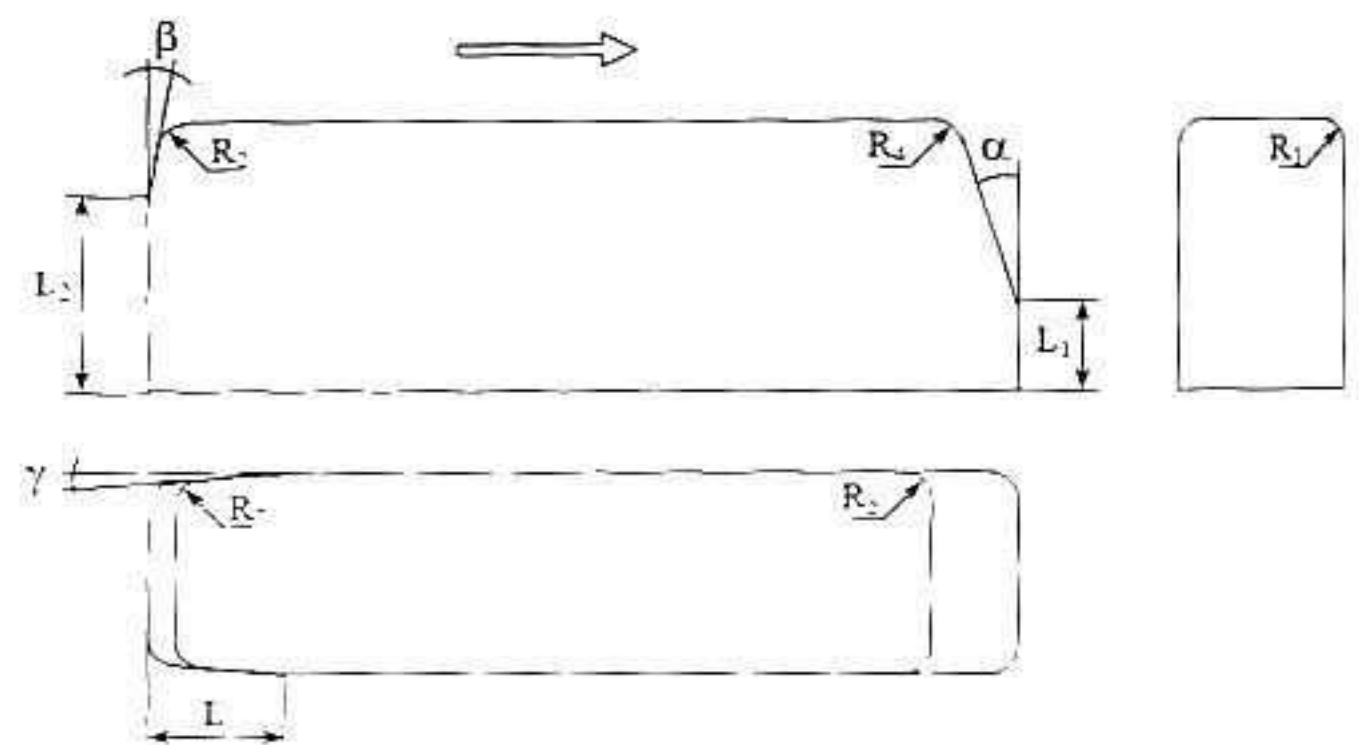
Trong đó: p là áp suất trên mặt; p_{ref} là áp suất chuẩn; n là số mặt; A là diện tích của mặt (m^2); \vec{n} là véc tơ đơn vị vuông góc với mặt. Lực cản tính được theo phương dọc xe chính là F_x , từ đó:

$$C = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \quad (8)$$

Trong đó: V là vận tốc dòng chảy (m/s); A là diện tích (m^2); ρ là mật độ không khí (kg/m^3).

Các thông số kết cấu ảnh hưởng đến hệ số C_x là các góc nghiêng và bán kính góc lượn của các vùng giao tuyến giữa các mặt tạo thành vỏ xe. Trên hình 2, thể hiện 3 góc nghiêng (α, β, γ) và 5 bán kính ($R_1 - R_5$) là các thông số khảo sát đã được thực hiện.

Trong quá trình khảo sát, mô hình cơ sở của vỏ xe được coi là hình hộp chữ nhật với các thông số kích thước bằng kích thước ban đầu của xe khảo sát (THACO KB120LSI). Các tính toán được thực hiện với vận tốc của dòng khí tại điểm bắt đầu mô phỏng là $30 m/s$ (tương đương với $108 km/h$).

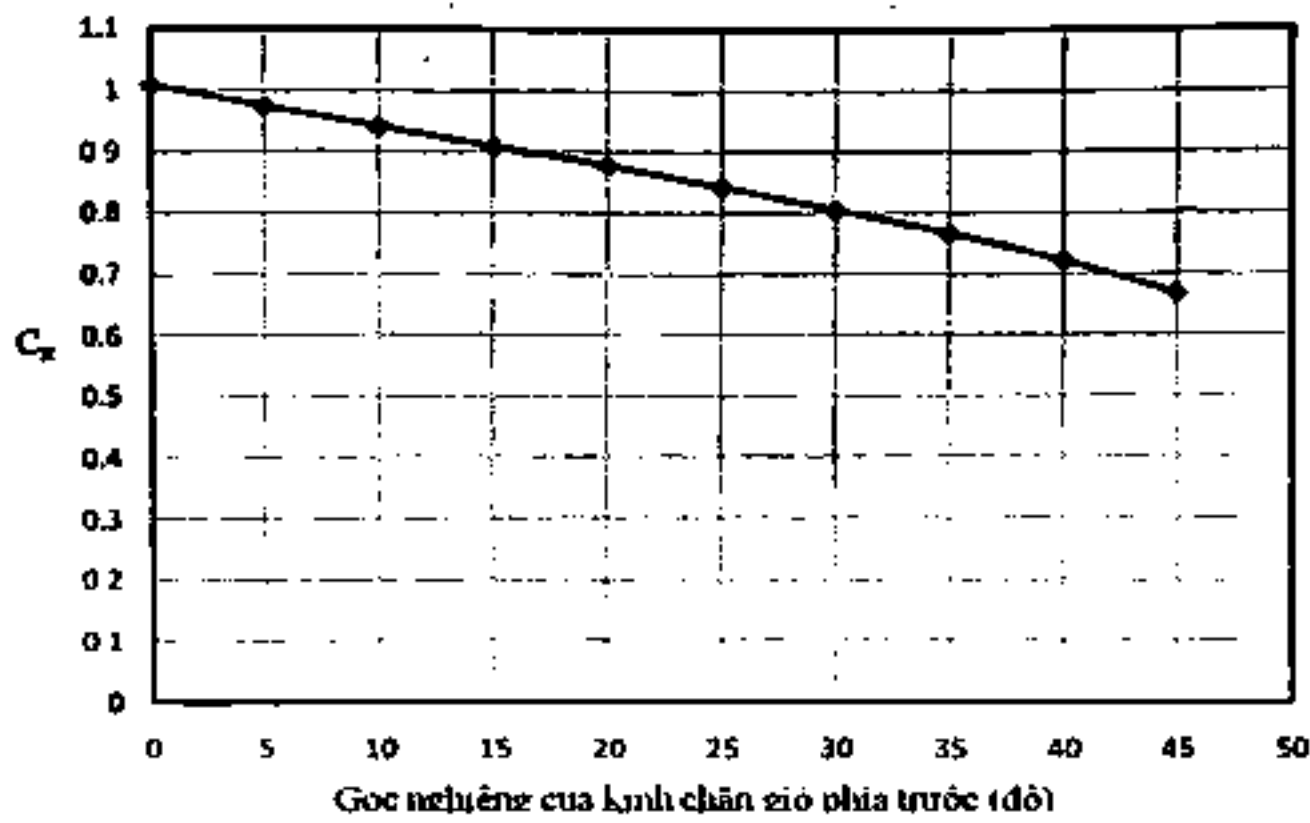


Hình 2. Các thông số kết cấu chính ảnh hưởng đến khí động học ô tô

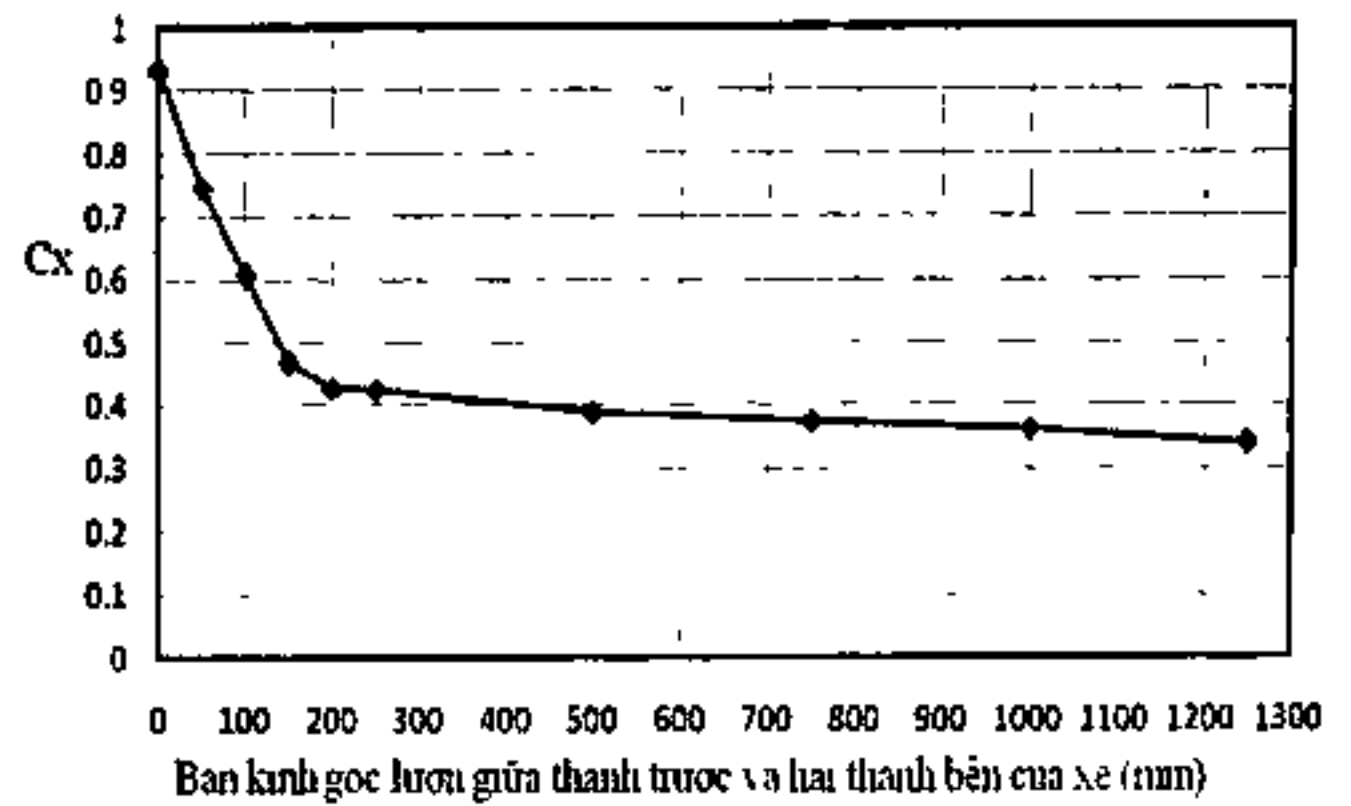
3.2. Kết quả tính toán

Đưa vào phần mềm An.

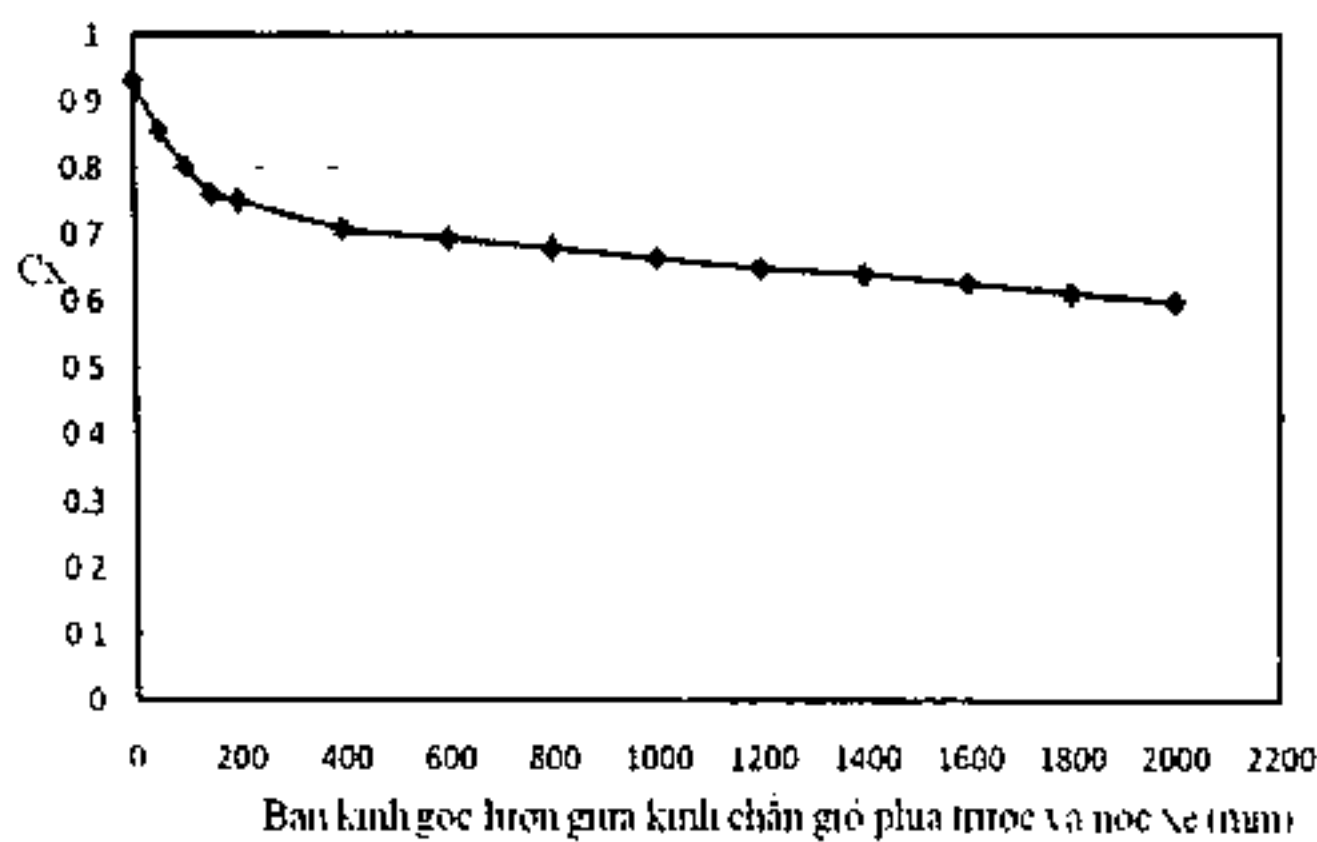
Trên các hình 3, 4 và 5 thể hiện sự biến thiên của hệ số cản khí động theo các thông số kết cấu ở phía đầu xe: Góc nghiêng kính chắn gió, các bán kính góc lượn R_4 và R_5 .



Hình 3. Hệ số cản khí động C_x theo góc nghiêng của kính chắn gió α



Hình 5. Hệ số cản khí động C_x theo bán kính góc lượn R₅

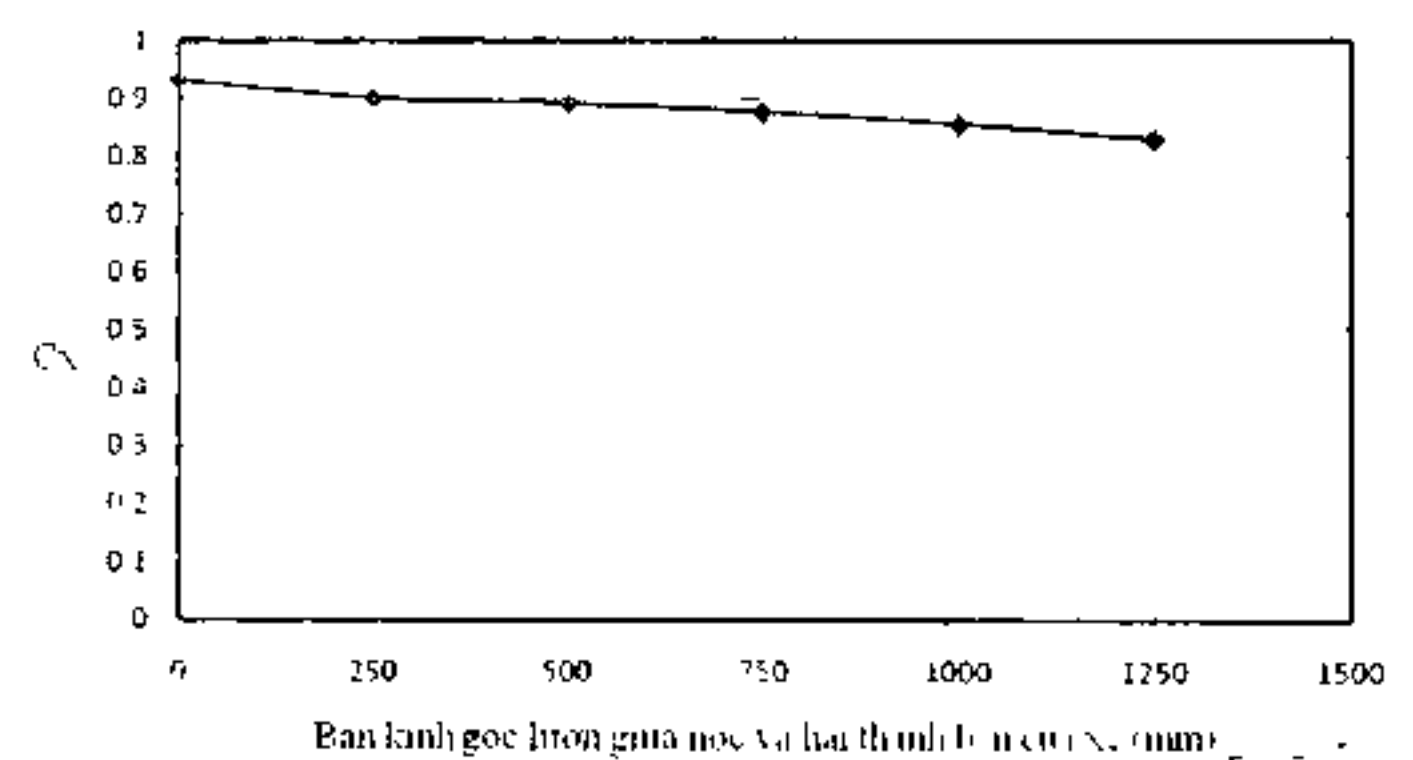


Hình 4. Hệ số cản khí động C_x theo bán kính góc lượn R₄

Các kết quả cho thấy, các thông số hình học ở vùng đầu của vỏ xe có ảnh hưởng rất lớn đến lực cản khí động. Đặc biệt là các bán kính góc lượn có thể làm thay đổi mạnh hệ số cản C_x. Chẳng hạn, theo các số liệu khảo sát, khi R₄ thay đổi từ 0 đến 2.000mm (hình 4) thì C_x giảm từ 0,93095 đến 0,59928 (36,7%). Khi thay đổi bán kính R₅ ta thu được kết quả còn ấn tượng hơn (hình 5): Hệ số cản nhỏ nhất tương ứng với bán kính khảo sát 1250mm là 0,34104, nghĩa là giảm 63,4% so với trường hợp không có góc lượn (khi R₅ = 0).

Đối với góc nghiêng của kính chắn gió α, kết quả cho thấy mức độ hưởng ít hơn (hình 3). Cụ thể, nếu nghiêng góc 45° thì hệ số cản giảm xuống còn 0,66638, nghĩa là giảm 33,9% so với khi không có góc nghiêng.

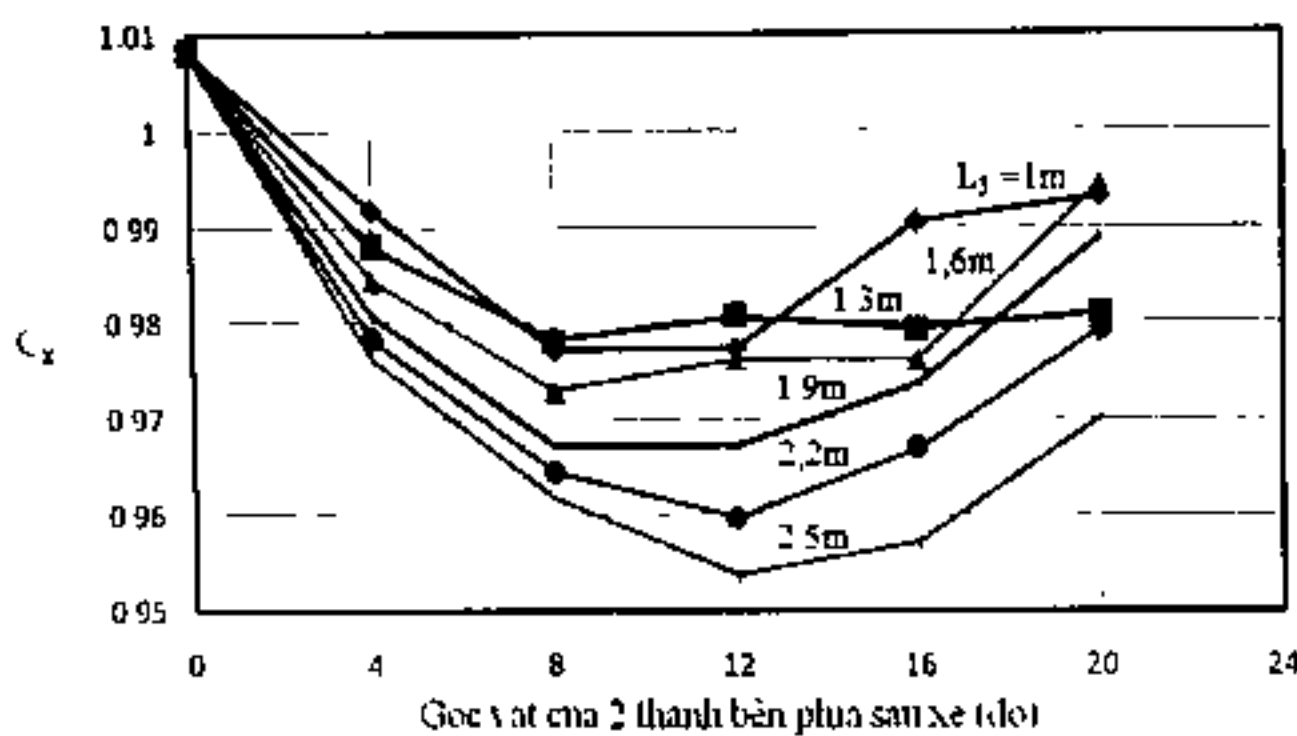
Các kết quả trên mang tính thuần túy lý thuyết. Trên thực tế, các thông số khảo sát bị giới hạn bởi công năng sử dụng và tính thẩm mỹ của vỏ xe. Chẳng hạn, góc nghiêng kính chắn gió hoặc bán kính R₅ quá lớn sẽ làm giảm đáng kể không gian sử dụng.



Hình 6. Hệ số cản khí động C_x theo bán kính góc lượn R₁

Trên hình 6, thể hiện sự biến thiên của hệ số cản C_x theo bán kính góc lượn giữa hai thanh bên với nóc xe (R₁). Có thể thấy rằng, ảnh hưởng của thông số này là rất nhỏ. Hơn nữa, bán kính góc lượn R₁ lớn làm giảm đáng kể không gian sử dụng của xe

Ở khu vực phía sau xe, các kết quả khảo sát cho thấy ảnh hưởng của các thông số kết cấu ở đây tới hệ số cản C_x không lớn. Chẳng hạn, khi góc nghiêng của kính hậu (β) thay đổi từ 0° đến 45° , hệ số cản C_x chỉ giảm đi 1,56%. Các kết quả tính toán cũng cho thấy, việc thay đổi bán kính góc lượn giữa kính sau và nóc xe không làm ảnh hưởng nhiều đến hệ số C_x : Chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của C_x chỉ là giữa 0,93095 và 0,89701, tương đương với 3,65%.



Hình 6. Hệ số cản khí động C_x theo góc vát đuôi xe γ và khoảng cách L_3

Các kết quả trên hình 6 cũng cho thấy C_x không thay đổi nhiều theo giá trị của góc vát ở đuôi xe γ (từ 0 đến 20°) và khoảng cách từ điểm bắt đầu vát cho tới đuôi L_3 (từ 1 đến 2,5m). Chênh lệch lớn nhất giữa các giá trị của C_x là 5,38%.

Các kết quả trên có được từ các tính toán với mô hình cơ sở dạng hộp chữ nhật. Nếu khảo sát vùng đuôi với các thông số hình học ở vùng đầu đã chọn theo quan điểm khí động học thì kết quả sẽ khác. Tuy nhiên, việc khảo sát ảnh hưởng của các thông số vùng đuôi xe không có ý nghĩa lớn trong việc thiết kế vỏ xe do đặc thù của loại ô tô khách cỡ lớn. Ở loại xe này, động cơ được đặt ở đuôi, nên các thông số kết cấu gần như không thể thay đổi được.

Dựa trên các kết quả khảo sát trên đây,

các tác giả đã đề xuất một vỏ xe khách mới bằng cách lựa chọn các góc nghiêng và các bán kính góc lượn hợp lý hơn so với xe cơ sở. Kết quả tính toán cho thấy, nếu như vỏ xe cơ sở (THACO KB120LSI) có hệ số cản $C_x = 0,48$, thì vỏ xe mới có hệ số cản thấp hơn nhiều: $C_x = 0,3671$ (giảm khoảng 23,5%).

4. KẾT LUẬN

Với phương pháp tính toán khảo sát trên đây, có thể thấy rằng, kết cấu vùng đầu xe có ảnh hưởng lớn đến lực cản khí động tác dụng lên vỏ xe. Các kết quả nghiên cứu có thể giúp cho các nhà thiết kế cải thiện kết cấu của vỏ xe khách nhằm giảm thiểu lực cản khí động mà không gây ảnh hưởng lớn đến không gian sử dụng cũng như tính thẩm mỹ của nó. ♦

Ngày nhận bài: 05/10/2016

Ngày phản biện: 18/11/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. W.H.Hucho. "Aerodynamics of Road Vehicles: From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering". SAE International, 1988.
- [2]. M. Laurent Burgade, "Aérodynamique Automobile: Approche numérique et expérimentale". PSA Peugeot-Citroen, session 1995-1996.
- [3]. Tô Hoàng Tùng: "Nghiên cứu cải thiện dạng khí động học vỏ xe khách lắp ráp tại Việt Nam". Luận án tiến sĩ, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2016.
- [4]. Introduction to ANSYS Fluent, Release 14.5, November 15, 2012.
- [5]. J. Blazek, "Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications". Elsevier 2001.