

NGHIÊN CỨU TIẾNG ỒN KHÍ ĐỘNG BÊN TRONG XE ÔTÔ

RESEARCH ON AERODYNAMIC NOISE INSIDE A CAR

Hoàng Thị Kim Dung

Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Tiếng ồn khí động là tiếng ồn có nguồn gốc khí động gây ra do hình dạng của vật thể. Bài báo nghiên cứu mô phỏng số tiếng ồn khí động bên trong xe ô tô sử dụng phần mềm ANSYS kết hợp với phần mềm ACTRAN. Kết quả cho thấy ở tốc độ chuyển động 100km/h, tiếng ồn khí động bên trong xe nằm trong khoảng 35-75dB. Đây là mức cường độ âm nhỏ không ảnh hưởng nhiều đến người lái và hành khách trong xe.

Từ khóa: Tiếng ồn khí động; Nhiều động áp suất âm ở thành; Nhiều động áp suất rời ở thành; ANSYS; ACTRAN.

ABSTRACT

Aerodynamic noise is noise with origin of aerodynamic caused by the shape of the object. This article studied the simulation of aerodynamic noise inside a car using ANSYS software combined with ACTRAN software. The results showed that at a moving speed of 100km/h, the aerodynamic noise inside the car was in the range of 35-75dB. This was a low sound intensity level that did not affect the driver and passengers in the car much.

Keywords: Aerodynamic Noise; AWPF; TWPE; ANSYS; ACTRAN.

1. GIỚI THIỆU

Tiếng ồn có nguồn gốc khí động trên các phương tiện giao thông là lĩnh vực rất được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu [1-3].

Khi xe ô tô chuyển động, các dòng chảy khí động xuất hiện. Khi dòng chảy này chảy qua các vị trí không liên tục hay có hình dạng phức tạp sẽ gây ra sự nhiễu động áp suất tạo nên các dòng chảy rối. Các dòng chảy rối này

gây ra nhiễu động áp suất tác động lên cửa sổ xe (Wall Pressure Fluctuation – WPF) tạo ra dao động cho cấu trúc dẻo-dàn hồi của cửa sổ xe sinh ra tiếng ồn bên trong xe [1].

Bài báo này nghiên cứu âm khí động bên trong ô tô kết hợp phần mềm ANSYS và phần mềm ACTRAN để xử lý kết quả âm thanh, khảo sát âm khí động xuất hiện bên trong xe và đánh giá ảnh hưởng của tiếng ồn khí động đối với người lái và hành khách.



2. TIẾNG ỒN KHÍ ĐỘNG BÊN TRONG XE

2.1. Cơ chế hình thành tiếng ồn khí động bên trong xe



Hình 1. Sự hình thành âm khí động bên trong xe ô tô

Hình 1 trình bày các hiện tượng xảy ra trên xe và cơ chế hình thành tiếng ồn khí động bên trong xe. Chi tiết gồm:

- Dòng rối là nguồn của tiếng ồn [1-3]:

+ Cấu trúc xoáy của dòng chảy sau gương chiếu hậu là nguồn gây tiếng ồn khí động;

+ Tiếng ồn bị ảnh hưởng bởi sự hiện diện của cửa sổ hình thành nhiễu động mức áp âm ở tường (Acoustis Wall Press Fluctuation – AWPF, 1a);

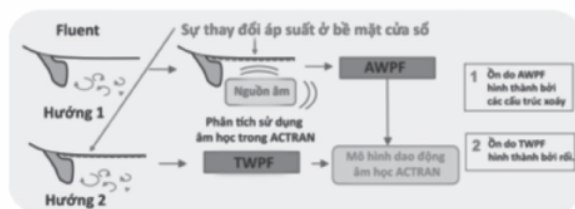
+ Tiếng ồn được truyền cục bộ thông qua cửa sổ (1b).

- Dòng rối cũng gây ra sự thay đổi nhiễu động áp suất rối ở tường (Turbulent Wall Pressure Fluctuation – TWPF): điều này gây ra rung động trong cấu trúc dèo-đàn hồi của cửa sổ.

2.2. Mô phỏng bài toán âm khí động bên trong xe

Hình 2 thể hiện quá trình mô phỏng bài toán âm khí động bên trong xe kết hợp phần mềm ANSYS Fluent và phần mềm ACTRAN.

Đầu tiên, phần mềm ANSYS Fluent được sử dụng để mô phỏng, xuất ra các giá trị áp suất trên bề mặt cửa sổ, vận tốc khí xung quanh ô tô. Tiếp theo, phần mềm ACTRAN xử lý các giá trị thu được từ Fluent, áp dụng mô hình dao động âm học trong ACTRAN để đưa ra âm thanh bên trong xe. Với bài toán âm khí động bên trong xe hiện tại, ta chỉ xét đến sự thay đổi của áp suất bề mặt cửa sổ để tính mức áp âm ở tường AWPF do các cấu trúc xoáy và mức nhiễu động rối ở tường TWPF hình thành do rối.



Hình 2. Mô phỏng bài toán âm khí động

3. KẾT QUẢ

3.1. Mô phỏng bằng Fluent



a. Mô hình mô phỏng



b. Miền tính toán trong Fluent

Hình 3. Mô hình mô phỏng

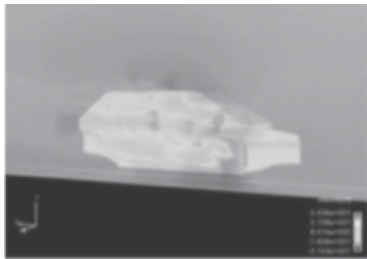
Mô hình xe nghiên cứu được trình bày trong Hình 3a, miền tính toán được trình bày trong Hình 3b. Bộ giải trong bài toán Fluent được cài đặt với:

- LES, dòng không nén được;
- Bước thời gian: $\Delta t = 0,0001s$;
- Xuất dữ liệu theo từng bước thời gian.

Như vậy, kết quả của bài toán Fluent cho ta trường phân bố áp suất để tính toán TWPF tại cửa sổ (Hình 4) và sự thay đổi vận tốc xung quanh cửa sổ để tính toán nguồn âm khí động (sử dụng trong tính toán Lighthill [1]) (Hình 5).



Hình 4. Áp suất rối và chạm vào cửa sổ



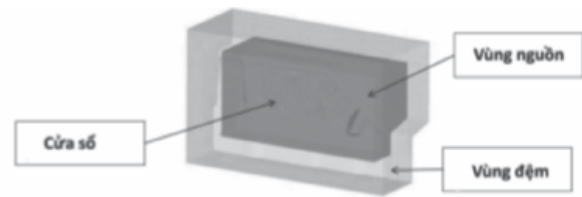
Hình 5. Trường phân bố vận tốc

3.2. Tính toán áp âm AWPf

AWPF phần gây ra tiếng ồn bởi rối và truyền đến cửa sổ (Hình 6).



Hình 6. AWPf

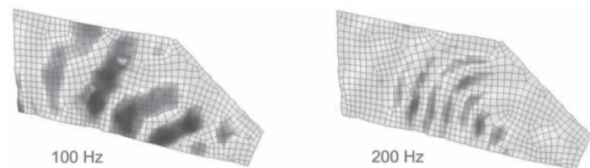


Hình 7. Tạo lưới AWPf



Hình 8. Áp suất âm vùng nguồn

Tính toán âm học cho lưới âm học AWPf (Hình 7), ta có áp suất âm ở vùng này (Hình 8). Tiếp theo, ta tính toán áp suất âm AWPf trên cửa sổ (Hình 9).



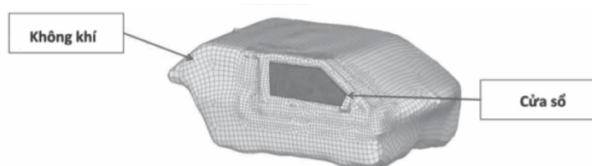
Hình 9. Áp âm AWPf trên cửa sổ

3.3. Tính toán nhiễu động áp suất rối trên thành TWPF

TWPF là dòng rối tác động trực tiếp vào cửa sổ theo cơ chế mô tả trong Hình 10. Lưới bên trong được chia như Hình 11 với lớp thủy tinh của cửa sổ xe dày 4mm.



Hình 10. TWPF



Hình 11. Tạo lưới TWPF

TWPF trên cửa sổ xe được tính toán trong Hình 12.



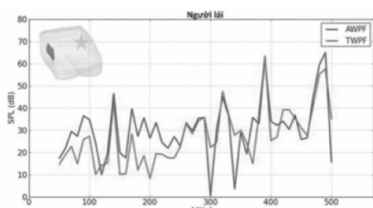
a. 100Hz
b. 200Hz
Hình 12. TWPF trên cửa sổ xe

3.4. Âm khí động bên trong xe

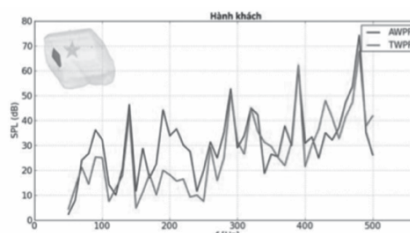
Sử dụng kết quả AWP (Hình 9) và TWPF (Hình 12) để tính toán âm học bên trong xe. Hai điểm thu âm thanh được thiết lập trong ô tô tương ứng với vị trí của người lái (2,45; 0,45; 1,25) và hành khách (2,45; 1,3; 1,25) như trong Hình 13.



Hình 13. Điểm thu âm thanh trong xe



Hình 14. Âm thanh tại vị trí người lái



Hình 15. Âm thanh tại vị trí hành khách

Âm thanh trong xe ô tô ước tính khoảng 35-72dB (Hình 14, Hình 15). Đây là mức âm thanh nằm trong ngưỡng nghe được nhưng không ảnh hưởng quá nhiều đến con người.

Như vậy, người lái và hành khách ít bị tác động bởi âm khí động hình thành do dòng rối gần cửa sổ xe.

4. KẾT LUẬN

Ô tô chuyển động với vận tốc 100km/h gây ra khoảng tiếng ồn khí động trong khoảng 35-72dB bên trong xe là khá nhỏ không ảnh hưởng quá nhiều đến lái xe và hành khách. Tuy nhiên, do hạn chế của nghiên cứu vẫn chưa xem xét đến toàn bộ các dòng rối quanh xe nên nghiên cứu mô phỏng âm khí động bên trong xe vẫn cần tiếp tục phát triển, hoàn thiện ở các nghiên cứu tiếp theo nhằm tối ưu hóa kết cấu hình dạng khí động của xe để hạn chế tối đa tiếng ồn khí động, giảm thiểu tác hại do tiếng ồn gây ra đối với con người. ♦

Ngày nhận bài: 26/4/2024

Ngày phản biện: 20/5/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Domenico Caridi, "Industrial CFD simulation of aerodynamic noise", PhD Thesis, Napoli Federico II University, Italy, 2008.
- [2]. Seppo Uosukainen, "Foundations of acoustic analogies", Publication, Finland, 2011.
- [3]. Jiawei Liu, "Simulation of whistle noise using computational fluid dynamics and acoustic finite element simulation", Master Thesis, College of Engineering at the University of Kentucky, USA, 2012.