

Nghiên cứu ảnh hưởng cánh gió phía sau ảnh hưởng đến đặc tính khí động đoàn xe chở container 40 feet

Nguyễn Hồng Thắng

Viện Cơ khí

Trường Đại học Giao thông vận tải Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

hongthang.nguyen@ut.edu.vn

Tóm tắt-Lực cản gió chịu tác động rất nhiều đến hình dạng và vận tốc của đoàn xe. Trong quá trình vận chuyển hàng hóa, với vận tốc trung bình từ 60 km/h đến 150 km/h, đoàn xe container phải chịu lực cản gió rất cao. Lực cản tác động lên đoàn xe với hai thành phần gồm áp suất phía trước và áp suất phía sau. Áp suất phía trước là thành phần có phương vuông góc với bề mặt di chuyển, đây được xem là thành phần chính của khí động học. Phía sau xe xuất hiện vùng áp thấp tạo nên hiện tượng xoáy lốc và tạo ra lực ngược chiều chuyển động của xe. Ngoài ra, khi xe di chuyển, dòng khí ở trên mũ xe di chuyển với quãng đường dài hơn dòng khí ở dưới gầm xe. Vì vậy, chúng tạo ra vùng chênh lệch áp suất tạo ra lực nâng vuông góc với mặt đường sẽ nâng xe lên làm giảm hệ số bán đường của lốp. Khí động học đóng vai trò quan trọng trong việc ổn định của xe khi di chuyển và ảnh hưởng đến công suất động cơ, làm tiêu hao nhiên liệu và phát thải khí độc hại ra môi trường. Trong bài báo cáo này, tác giả tập trung nghiên cứu lực cản phía sau khi đoàn xe chở container 40 feet. Mô hình thứ nhất với đoàn xe chạy không lắp đặt hệ thống cản gió phía sau và mô hình hai được trang bị hệ thống cản gió phía sau. Hai mô hình được mô phỏng dựa trên phần mềm Ansys Workbench 2021 R1 với công cụ tính động lực học chất lỏng CFD (Computation Fluid Dynamics) trong điều kiện vận tốc 40km/h và 80km/h. Từ kết quả của việc phân tích các yếu tố khí động học, tác giả đưa ra một số nhận xét và đề xuất giải pháp nhằm giảm lực cản gió tác dụng lên đoàn xe nhằm góp phần nâng cao hiệu quả khai thác của đoàn xe chở container.

Từ khóa-Đoàn xe chở container 40 feet, lực cản gió; khí động học đoàn xe, CFD, CFX.

I. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, với lợi thế lượng hàng hóa xuất, nhập khẩu ngày một tăng cao đã thúc đẩy mạnh mẽ hoạt động vận tải logistics, đoàn xe container đóng vai trò quan trọng trong việc vận chuyển hàng hóa khối lượng lớn với quãng đường dài. Trong vận chuyển container, thường gặp hai loại container chủ yếu gồm loại 40 feet và 20 feet.

Thông thường, xe container được thiết kế để vận chuyển 1 container 40 feet, 2 container 20 feet hoặc 1 container 20 feet. Việc di chuyển của đoàn xe với vận tốc cao, lực cản của khí động học rất lớn, trong đó lực cản do áp suất phía sau dòng khí xoáy tác dụng. Phương án để giảm thiểu lực cản do dòng khí xoáy phải chăng có tác dụng.

Đặc tính động lực học của đoàn xe đã được nghiên cứu từ lâu, gần đây được các nhà sản xuất khai thác và quan tâm đến. Trong số những đặc tính khí động học cần được nghiên cứu sâu đối với đoàn xe đó là lực cản và lực nâng tác dụng lên đoàn xe. Lực cản khí động học ảnh hưởng đến suất tiêu hao của động cơ, gây tiêu hao nhiên liệu và ảnh hưởng đến môi trường. Lực nâng tác động đến tính ổn định và lực bám của lốp lên bề mặt đường. Nghiên cứu của lực cản gió phía sau khi đoàn container được bổ sung cánh gió là vấn đề trọng tâm tác giá trình bày trong bài báo.

Đối với đoàn xe, khi khảo sát ở dải vận tốc thấp, hình dạng thân vỏ xe ít ảnh hưởng đến lực cản động học. Trong trường hợp này, tổng lực cản tác dụng lên xe khoảng 10% lực cản tổng thể. Tuy nhiên, nếu đoàn xe khai thác ở dải vận tốc cao thì lực cản tăng lên đáng kể. Thành phần lực cản tác dụng lên xe tăng lên đến 53% hoặc 80% tổng lực cản của xe khi khai thác ở vận tốc 100 km/h [1]-[3]. Một số nghiên cứu đã cho thấy việc thay đổi hình dáng vỏ xe, thêm mũ ở đỉnh cabin, cánh cản gió, cải thiện gầm xe đã giúp giảm khoảng 25% tổng lực cản thông qua thực nghiệm hoặc mô phỏng CFD [1]-[5].

Nghiên cứu của nhóm tác giả C. Hakansson và M.J. Lenngren với ứng dụng CFD tính toán và phân tích đặc tính khí động học để cải thiện hình dáng cho thân xe tải [4]. Kết quả nghiên cứu cho thấy hình dáng xe ảnh hưởng đến việc giảm lực cản khí động học với vận tốc nghiên cứu ở dải 90 km/h và góc nghiêng dọc của xe từ 0 đến 5 độ. Nghiên cứu cải thiện hình dáng nóc cabin và đuôi xe giúp giảm được lực cản khí động tác động lên xe một cách rõ rệt từ khoảng 2 đến 22% lực cản khí động tổng thể tác động lên xe [4].

Nghiên cứu của nhóm tác giả H. Chowdhury và cộng sự đã cho thấy trong dải vận tốc từ 40 km/h đến 145 km/h khí động học, giảm 26% khi cải thiện hình dáng mô hình mà nhóm đã thực hiện thực nghiệm với mô hình thật có tỷ lệ 1/10. Nghiên cứu cho thấy hệ số cản khí động học dao động trong phạm vi từ 0,5 đến 0,69 giảm đi tổng kháng 26% so với giá trị mô hình xe chưa cải tiến [3].

Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của Tổ chức Nghiên cứu vận tải châu Âu cho thấy, việc cải thiện đuôi xe tải nhằm kiểm soát dòng khí xoáy ở phía sau đuôi xe giúp giảm tiêu hao công suất động cơ và giảm tới 7% lượng khí thải CO₂ ra ngoài môi trường [2]. Nghiên cứu tương tự của Vion Food Group, Mercedes-Benz Trucks, Schmitz Cargobull và Betterflow nhằm chứng minh ảnh hưởng của cánh gió phía sau đến đoàn xe container 40 feet. Kết quả cho thấy khi xe đạt vận tốc trên 60 km/h cánh gió phía sau tự động mở, từ đó làm giảm tiêu hao nhiên liệu, giảm tiêu thụ nhiên liệu và lượng khí thải CO₂ xuống 8% [6].

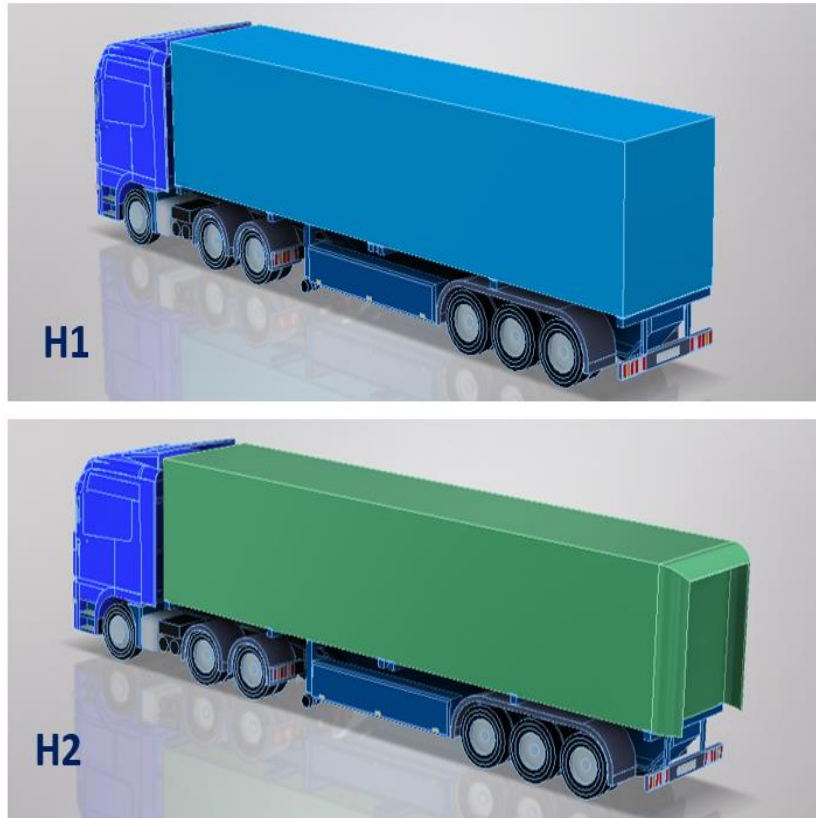
Trong bài báo, tác giả nghiên cứu khí động học đoàn xe chở container 40 feet có kích thước tương ứng với mẫu xe vận tải Mercedes-Benz Actros kéo container 40 feet khi bố trí cánh gió phía sau thông qua tính toán động lực học chất lỏng CFD (Computation Fluid Dynamic). Trên kết quả mô phỏng, so sánh về phân bố vận tốc dòng chảy, đặc tính khí động học đoàn xe. Từ kết quả nghiên cứu, tác giả đưa ra một số nhận xét nhằm cải thiện thân vỏ, trang bị hệ thống trên thùng container, để nâng cao hiệu suất kinh tế vận tải, giảm thiểu ô nhiễm môi trường từ hoạt động kinh doanh vận tải đoàn xe container.

II. MÔ HÌNH ĐOÀN XE CHỖ CONTAINER

Nghiên cứu thực nghiệm với đoàn xe chở container 40 feet có đầu kéo Mercedes-Benz Actros 2020 do hãng Mercedes-Benz sản xuất. Bảng I thể hiện kích thước xe nghiên cứu. Mô hình hóa được thể hiện ở hình 1.

BẢNG I. THÔNG SỐ KÍCH THƯỚC CƠ BẢN ĐOÀN XE.

STT	Tên	Trị số	Đơn vị
Chiều dài cơ sở		3300	mm
Kích thước bao	Dài	6000	mm
	Rộng	2480	mm
	Cao	4015	mm
Vệt bánh xe	Trước	1740	mm
	Sau	1740	mm
Kích thước mooc xương	Dài	12200	mm
	Rộng	2480	mm
	Cao	1380	mm
Kích thước container 40 feet (Nguyên bản)	Dài	12190	mm
	Rộng	2440	mm
	Cao	2590	mm
Kích thước container 40 feet (có lắp cánh chắn gió sau)	Dài	12690	mm
	Rộng	2440	mm
	Cao	2590	mm



Hình 1. Mô hình đoàn xe chở container 40 feet.

H1: Mô hình không trang bị cánh gió;

H2: Mô hình trang bị thêm cánh gió.

Từ mô hình này, các đặc tính của khí động học được tính toán qua công cụ mô phỏng CFD trên Ansys – Fluent. Mô hình tính toán có kích thước và hình dáng tương ứng hình dáng thực tế đoàn xe.

III. MÔ PHỎNG SỐ CFD CÁC ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA ĐOÀN XE VỚI CÁC TRẠNG THÁI VẬN TỐC

Trong phần tính toán này, miền không gian tính toán có kích thước cơ bản như sau:

- Chiều dài: 25000 mm;
- Chiều rộng: 9200 mm;
- Chiều cao: 12000 mm.

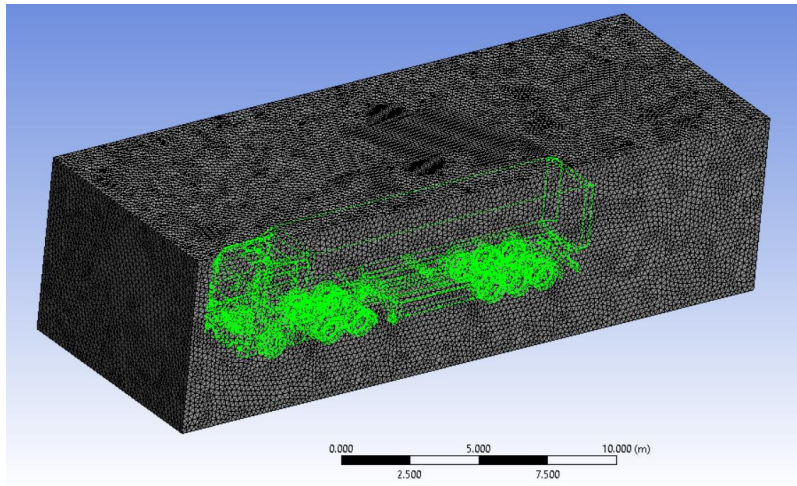
Bảng II và bảng III thể hiện các thông số đầu vào của hai trạng thái vận tốc khác nhau.

BẢNG II. THÔNG SỐ TÍNH TOÁN 1.

Tên	Giá trị	Đơn vị
Vận tốc vào, V	40	km/h
Áp suất ra, P	1,025	10^5 N/m ³
Khối lượng riêng của không khí, ρ	1,125	kg/m ³
Độ nhớt động học, ν	1,789	10^5 kg/ms

BẢNG III. THÔNG SỐ TÍNH TOÁN 2.

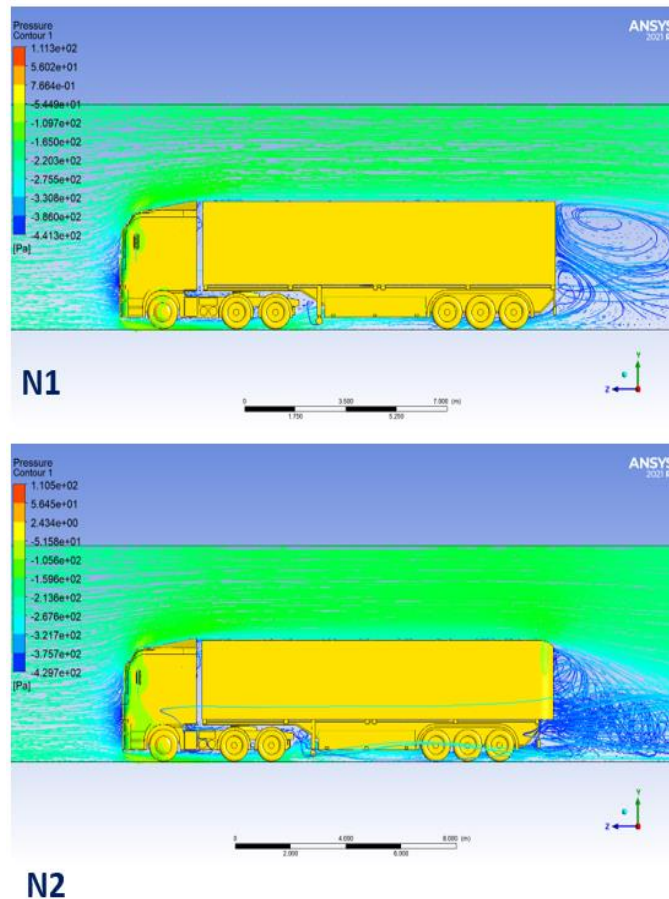
Tên	Giá trị	Đơn vị
Vận tốc vào, V	80	km/h
Áp suất ra, P	1,025	10^5 N/m ³
Khối lượng riêng của không khí, ρ	1,125	kg/m ³
Độ nhớt động học, ν	1,789	10^5 kg/ms



Hình 2. Chia lưới trên miền không gian tính toán với cỡ lưới 0.2 m.

IV. ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC ĐOÀN XE CHỖ CONTAINER VỚI VẬN TỐC 40 KM/H

Trong phần này, hai mô hình được khảo sát ở dải vận tốc 40 km/h. Hình 3 và 4 thể hiện phân bố áp suất, vận tốc dòng khí bao quanh xe.

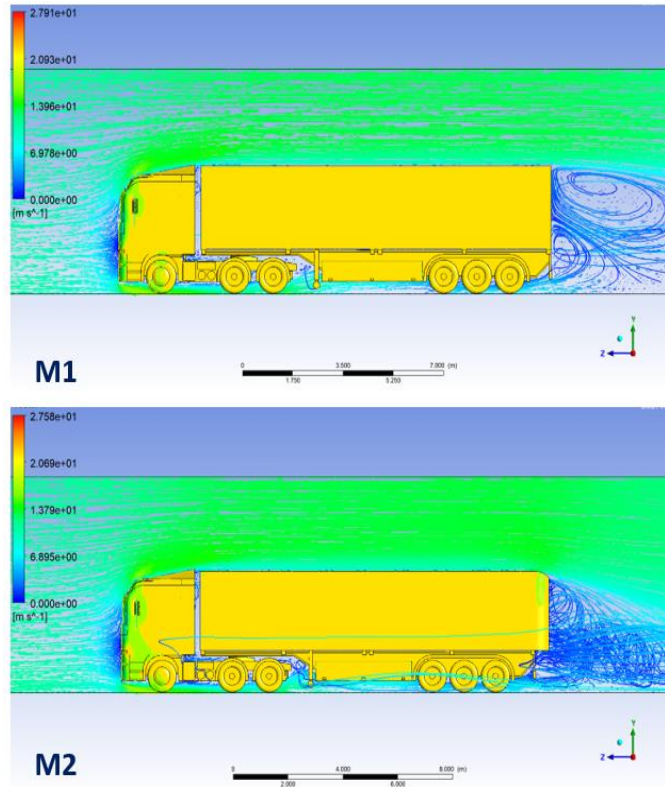


Hình 3. Phân bố áp suất lên bề mặt xe với vận tốc 40km/h.

N1: Đoàn xe không trang bị cánh gió phía sau;

N2: Đoàn xe trang bị cánh gió phía sau.

Qua phân tích, nhận thấy việc khai thác đoàn xe ở dải vận tốc thấp, lực cản gió không ảnh hưởng nhiều đến hình dáng xe. Cụ thể dao động vào khoảng từ 1,113 Pa đến 1,105 Pa, chênh lệch 0,71%.

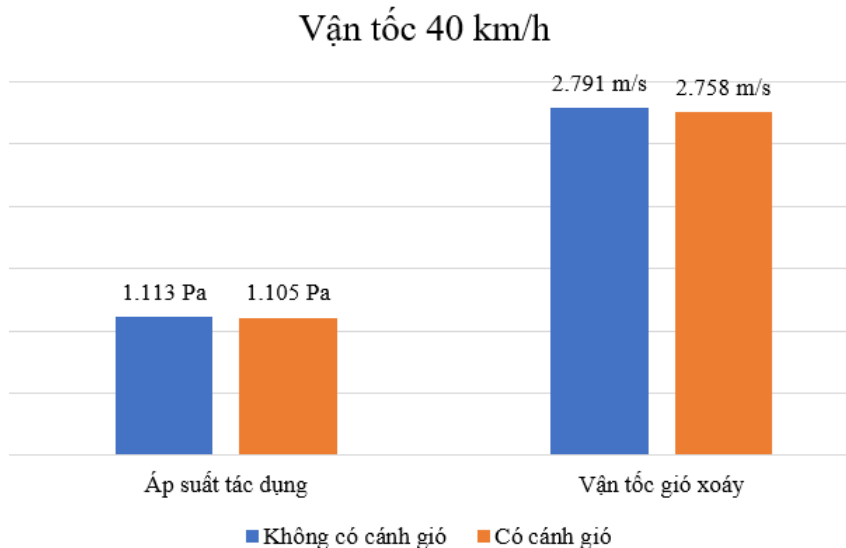


Hình 4. Vận tốc gió xung quanh bề mặt xe với vận tốc 40km/h.

M1: Đoàn xe không trang bị cánh gió phía sau;

M2: Đoàn xe trang bị cánh gió phía sau.

Ở dải vận tốc khảo sát này, đối với đoàn xe không bố trí cánh gió phía sau, vận tốc dòng gió xoáy dao động lớn nhất khoảng 2,791 m/s, đối với xe có bố trí cánh gió phía sau, vận tốc này giảm xuống 2,758 m/s chênh lệch 1,18%.

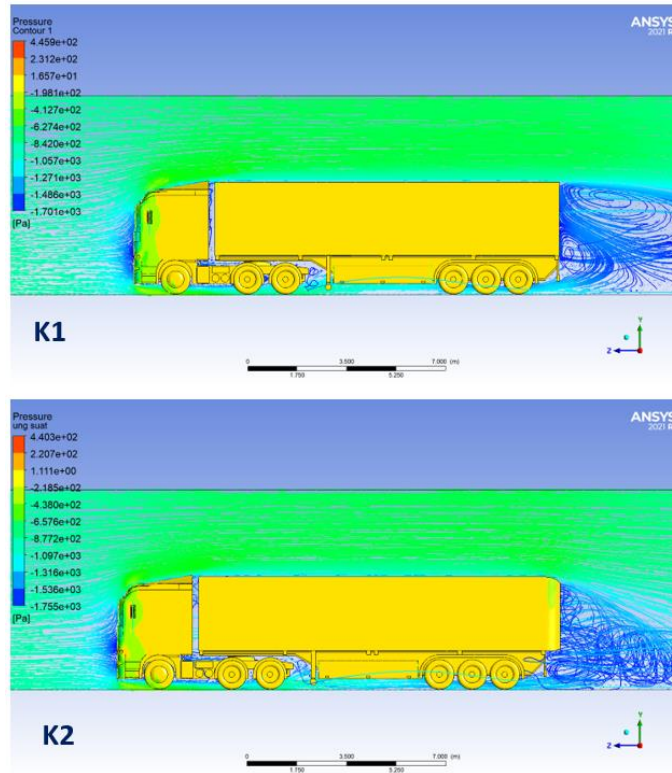


Hình 5. Biểu đồ thể hiện lực cản gió và vận tốc dòng khí tác dụng lên xe khi chạy 40 km/h.

Qua biểu đồ, có thể thấy với xe hoạt động với vận tốc 40 km/h, hình dạng cánh gió phía sau không ảnh hưởng nhiều đến đặc tính khí động học của đoàn xe.

V. ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC HỌC ĐOÀN XE CHỖ CONTAINER VỚI VẬN TỐC 80 KM/H

Trong phần này, hai mô hình được khảo sát ở dải vận tốc 80 km/h. Hình 6 và 7 thể hiện phân bố áp suất, vận tốc dòng khí bao quanh xe.

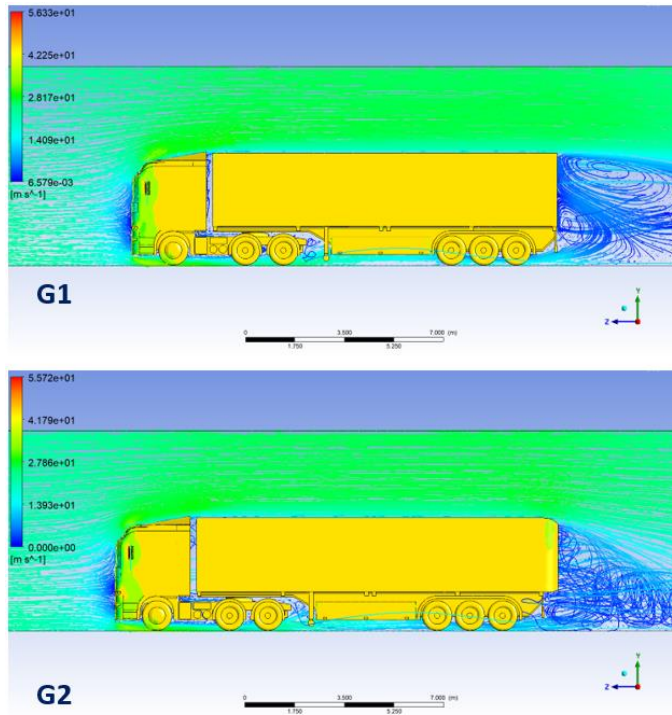


Hình 6. Phân bố áp suất lên bề mặt xe với vận tốc 80 km/h.

K1: Đoàn xe không trang bị cánh gió phía sau;

K2: Đoàn xe trang bị cánh gió phía sau.

Đối với mô hình này, tổng áp lực tác dụng lên bề mặt xe không thay đổi nhiều khi xe chạy ở dải vận tốc cao. Cụ thể áp suất tác dụng trong hai trường hợp dao động từ 4,459 Pa đến 4,403 Pa, chênh lệch 1,26%.

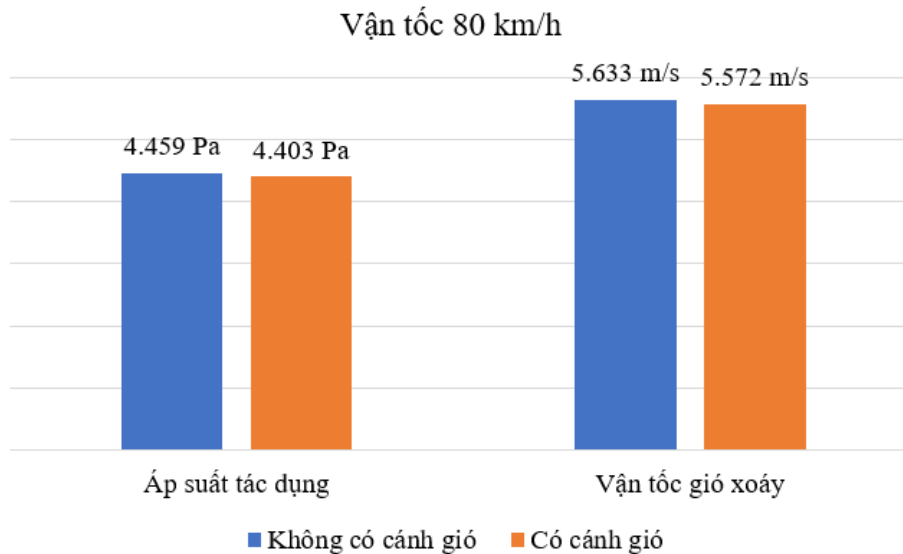


Hình 7. Phân bố áp suất lên bề mặt xe với vận tốc 80km/h

G1: Đoàn xe không trang bị cánh gió phía sau

G2: Đoàn xe trang bị cánh gió phía sau.

Với mô hình này, vận tốc dòng khí thay đổi rõ khi đoàn xe khai thác ở vận tốc cao. Cụ thể, đối với xe không trang bị cánh gió phía sau khi xe chạy vận tốc dòng đạt giá trị lớn nhất là 5,633 m/s, với đoàn xe trang bị hệ thống cánh gió phía sau, vận tốc giảm và đạt cực đại là 5,572, chênh lệch 16,05%.



Hình 8. Biểu đồ thể hiện lực cản gió và vận tốc dòng khí tác dụng lên xe khi chạy 80 km/h.

Qua biểu đồ cho thấy với xe hoạt động ở vận tốc 80km/h, hình dạng cánh gió phía sau ảnh hưởng nhiều đến vận tốc dòng khí rối phía sau. Ngoài ra, với vận tốc cao, hệ số cản gió càng lớn.

VI. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu khi trang bị cho đoàn xe container hệ thống cánh gió phía sau tại dải vận tốc thấp và cao. Trên cơ sở tính toán và giới hạn nội dung nghiên cứu về đặc tính khí động học, dưới đây là một số kết luận như sau:

- Sử dụng công cụ mô phỏng, việc nghiên cứu trở nên dễ dàng và trực quan hơn, hiểu rõ về dòng chảy của khí và lực cản tác dụng lên bề mặt của xe đang chạy;
- Thông qua kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ số cản không khí tăng nhanh khi tăng vận tốc hoạt động của xe. Lực cản lớn nhất tập trung ở phần đầu (kính chắn gió) của xe;
- Việc bố trí cánh gió phía sau giúp giảm lực cản không khí do dòng khí xoáy sau gây ra, đặc biệt khi xe hoạt động với vận tốc cao. Điều này giúp giảm lực cản từ đó giảm tiêu hao nhiên liệu và giảm khí thải do động cơ phát ra;
- Trên cơ sở phân tích, tác giả khuyến nghị nên ứng dụng cánh chắn gió phía sau với hoạt động vận tải bằng container, đặc biệt các công ty vận tải có số lượng xe hoạt động lớn. Từ đó, giảm được chi phí nhiên liệu cũng như giảm lượng khí xả đáng kể ra môi trường. Để ứng dụng hiệu quả hệ thống cánh tự động, khi xe đạt vận tốc trên 60 km/h, cánh nên tự động mở.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. McCallen et al., “DOE's Effort to Reduce Truck Aerodynamic Drag - Joint Experiments and Computations Lead to Smart Design” in 34th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit, June 28 - July 01 2004, Portland, Oregon, USA, 2004. DOI: 10.2514/6.2004-2249.
- [2] European Federation for Transport and Environment AISBL, “The case for the exemption of aerodynamic devices in future type – approval legislation for heavy goods vehicles”, Brussels, Belgium, 2010.
- [3] H. Chowdhury, H. Moria, A. Ali, I. Khan, F. Alam, S. Watkins, “A Study on Aerodynamic Drag of a Semi-trailer Truck”, Journal of Procedia Engineering, vol.56, pp. 201-205, 2013. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.03.108.
- [4] C. Hakansson, M.J. Lenngren, “CFD analysis of aerodynamic trailer devices for drag reduction of heavy duty trucks”, Master thesis, Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2010.
- [5] G. M. R. G. V. Raemdonck, M. J. L. V. Tooren, “Design of an aerodynamic aid for the underbody of trailer within a tractor-trailer combination”, in BBAA VI International colloquium on Bluff bodies aerodynamic and applications, July, 20–24 2008, Milano, Italy, 2008, pp.1-14.
- [6] Schmitz Cargobull AG, “Together for a better future - Vion Food Group relies on aerodynamically optimised articulated vehicle”. Available: <https://www.cargobull.com/se/press/2021/aerodynamischer-trailer-vion>. Accessed on: June 22 2022.

- [7] T. S. Phiệt, V. D. Quang, “Thủy khí động lực học kỹ thuật”, Hà Nội, Việt Nam: NXB Đại học và Trung học công nghiệp, 1979.
- [8] N. P. Hoàng (Chủ biên), P. Đ. Nhuận, N. T. Tân, “Thủy lực và máy thủy lực”, Hà Nội, Việt Nam: NXB Đại học và Trung học công nghiệp, 1979.
- [9] N. V. Hệ, L. Quang, “Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dáng thân vỏ đến đặc tính khí động đoàn xe chở container”, Tạp chí Giao thông vận tải, số 56, 2015, tr.194-196.
- [10] N. D. Độ, L. T. Sơn, N. V. Hệ, “Nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí xếp container đến đặc tính khí động đoàn xe chở container”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, số 116, 2017, 31-36.