

# Nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí xếp container đến đặc tính khí động đoàn xe chở container

A Study on Effects of Container Location on Truck Hydrodynamics

Nguyễn Danh Độ<sup>1,2</sup>, Lê Trung Sơn<sup>3</sup>, Ngô Văn Hệ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Công ty Sữa Việt Nam, VINAMILK, Gia Lâm, Hà Nội

<sup>3</sup> Trường Đại học Công Nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội, Số 144, Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Đến Tòa soạn: 28-3-2016; chấp nhận đăng: 20-12-2016

## Abstract

The most economic speed for the truck in transportation is from 60km/h to 150km/h. When the truck operates at high speed, the air resistances acting on it increase significantly. In case of bad weather operating conditions as strong wind, the aero dynamic forces acting on the truck cause safe situation. In this paper, the authors present a study on aero dynamic performances of a 40 feet container truck and the effects of 20 feet container which locates on truck at several positions to reduce its air resistances by using a commercial Computation Fluid Dynamic (CFD). By using CFD, the pressure distribution, velocity distribution around truck and air resistances acting on the truck are investigated. From analysis simulated results of aero dynamic performances of the truck, the authors give some comments and propose ideas to reduce air resistances acting on the truck. The study on reduction of resistances acting on truck contributes improving economy efficiency of the truck transportation.

Keywords: Truck; air resistance; aero dynamic force; CFD; reduce air resistance.

## Tóm tắt

Trong quá trình vận tải hàng hóa chuyên tuyến của đoàn xe chở container, vận tốc xe lưu thông khá cao, trong khoảng từ 60 đến 150 km/h. Khi đoàn xe lưu thông với vận tốc cao, lực cản gió tác động lên thân vỏ đoàn xe tăng lên đáng kể. Trong trường hợp điều kiện thời tiết xấu, gió mạnh, lực khí động tác động lên thân vỏ đoàn xe có thể gây mất an toàn cho xe. Trong nghiên cứu này, tác giả thực hiện khảo sát các đặc tính khí động lực học thân vỏ đoàn xe chở container 40 feet và nghiên cứu sự ảnh hưởng của vị trí xếp container 20 feet đến đặc tính khí động học đoàn xe chở loại container có kích thước này. Thông qua việc sử dụng công cụ mô phỏng số, tính toán động lực học chất lỏng CFD (Computation Fluid Dynamics), tác giả cụ thể tính toán mô phỏng số các yếu tố phân bố áp suất, vận tốc dòng bao quanh thân vỏ đoàn xe và lực cản khí động tác động lên thân vỏ đoàn xe. Từ kết quả của việc phân tích các yếu tố khí động lực học thân vỏ xe, tác giả đưa ra một số nhận xét và đề xuất giải pháp nhằm giảm lực cản gió tác động lên đoàn xe góp phần nâng cao hiệu quả khai thác cho đoàn xe chở container.

Từ khóa: Đoàn xe chở container; lực cản gió; lực khí động; CFD; giảm lực cản gió.

## 1. Giới thiệu chung

Trong những năm gần đây, ở nước ta với lợi thế lượng hàng hóa xuất nhập khẩu ngày một tăng, đã thúc đẩy phát triển mạnh mẽ đoàn xe chở container. Cùng với sự phát triển về số lượng, kiểu loại, chất lượng xe và các hãng xe khác nhau cũng được đa dạng hóa trong đội xe chở container. Trong vận tải container, thường gặp hai loại container được vận chuyển chủ yếu là container 40 feet và 20 feet. Trong thực tế vận chuyển hàng, tùy thuộc vào lượng hàng, yêu cầu vận chuyển về số lượng container mà đoàn xe được bố trí chuyên chở 1 hay 2 container tương ứng. Thông thường đoàn xe được thiết kế với điều kiện chuyên chở 1 container 40 feet, 1 container 20 feet

hoặc 2 container 20 feet. Việc chuyên chở 1 container 20 feet và vị trí của nó đặt trên đoàn xe liệu có ảnh hưởng gì đến các đặc tính khí động học và lực cản khí động tác động lên đoàn xe hay không, đây chính là vấn đề đặt ra cần giải quyết trong nghiên cứu này của nhóm tác giả.

Đặc tính khí động của đoàn xe tải gần đây đã được các nhà sản xuất và khai thác quan tâm đến. Một trong những đặc tính khí động học quan trọng cần phải quan tâm đối với đoàn xe là lực khí động, bao gồm cả lực cản và lực nâng tác động lên đoàn xe trong quá trình lưu thông. Lực cản liên quan đến công suất tiêu hao của động cơ, liên quan đến lượng tiêu hao nhiên liệu của đoàn xe. Lực nâng ảnh hưởng đến tính an toàn ổn định và bám mặt đường của xe. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả chỉ giới hạn nghiên cứu, khảo sát đối với thành phần lực cản khí động tác động

\* Corresponding author: Tel.: (+84) 167-9482-746  
Email: he.ngovan@hust.edu.vn

lên thân vỏ đoàn xe. Đối với các đoàn xe khi khai thác ở dải vận tốc thấp, thì hình dáng thân vỏ xe ít ảnh hưởng đến các thành phần lực khí động tác dụng lên xe. Trong trường hợp này, lực cản khí động tác dụng lên xe chỉ khoảng dưới 10% lực cản tổng thể. Tuy nhiên, khi đoàn xe khai thác ở dải vận tốc cao thì sự ảnh hưởng của hình dáng thân vỏ xe tăng lên đáng kể, thành phần lực cản khí động tác dụng lên xe có thể tăng lên tới 53%, thậm chí lên tới 80% tổng lực cản tổng thể của xe ở dải vận tốc 100km/h [1, 2, 3]. Trong một số nghiên cứu đã công bố cho thấy, việc thay đổi hình dáng hình học thân vỏ xe bằng các phương pháp đơn giản như gắn thêm các tấm khí động, thêm mui tại đỉnh cabin xe, cải thiện hình dáng khí động nóc container, cải thiện hình dáng gầm xe hay thêm tấm bịt chắn bánh xe đều có thể giúp giảm lực cản khí động tác dụng lên đoàn xe khi lưu thông. Việc làm cải thiện hình dáng khí động học cho đoàn xe này có thể làm giảm được tới 25% tổng lực cản khí động tác dụng lên xe thông qua thực nghiệm trên mô hình xe thực và tính toán mô phỏng số CFD [1, 2, 3, 4, 5]. Trong các biện pháp cải thiện hình dáng khí động cho đoàn xe thì việc gắn thêm mui nóc cabin giúp cải thiện đáng kể lực cản khí động tác dụng lên xe, việc cải thiện này đơn giản và không làm ảnh hưởng đến tính năng vận tải của xe. Biện pháp che chắn khoảng trống và thay đổi khoảng cách giữa container và đầu kéo cũng mang lại hiệu quả đáng kể, tuy nhiên việc cải tiến này chỉ thích hợp với các đoàn xe lưu thông trên các hành trình thẳng, ít quay trở. Vì việc thay đổi này sẽ ảnh hưởng đến tính quay trở của xe.

Nghiên cứu của nhóm tác giả Ch. Hakansson và M.J. Lenngren (2010) đưa ra các nghiên cứu cải thiện hình dáng khí động học cho thân xe tải thông qua ứng dụng CFD tính toán và phân tích đặc tính khí động học. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra ảnh hưởng của hình dáng khí động đến việc giảm lực cản khí động ở dải vận tốc 90 km/h với góc nghiêng dọc của xe từ 0-5 độ. Việc cải thiện hình dáng nóc cabin và đuôi xe giúp giảm được lực cản khí động tác dụng lên xe một cách rõ rệt từ khoảng 2 đến 22% lực cản khí động tổng thể tác dụng lên xe [4].

Nghiên cứu của nhóm tác giả H. Chowdhury cùng cộng sự (2013), thông qua phương pháp thực nghiệm mô hình với tỷ lệ 1/10 so với kích thước thực của xe, trong ống thử khí động với một số biện pháp cải thiện hình dáng mui xe và che chắn thân xe, nhóm tác giả đã thực nghiệm với 6 mô hình xe khác nhau. Kết quả thực nghiệm được thực hiện trong dải vận tốc từ 40km/h đến 145km/h đối với các mô hình do nhóm nghiên cứu đưa ra. Kết quả thực nghiệm đã cho thấy với các mô hình cải tiến hệ số lực cản khí động của xe có thể giảm được tới 26% so với ban đầu, kết quả thử nghiệm mô hình cho thấy hệ số lực cản khí động tác dụng lên xe dao động trong phạm vi giá trị từ 0.5

đến 0.69 giảm đi khoảng 26% so với giá trị của mô hình xe ban đầu [3]. Tổng hợp kết quả nghiên cứu của tổ chức nghiên cứu vận tải châu Âu năm 2010 cho thấy với một số nghiên cứu cải tiến phần đuôi xe tải nhằm điều khiển dòng thoát sau xe có thể giúp cải thiện được đặc tính khí động học của xe, nghiên cứu này đã chỉ ra rằng việc cải tiến đuôi xe có thể giúp giảm được tới 7% tổng lượng khí thải CO<sub>2</sub> của loại xe tải này [2].

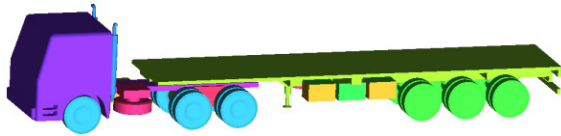
Trong bài báo này, tác giả thực hiện khảo sát đặc tính khí động học của mô hình đoàn xe chở container 40 feet với hình dáng cơ bản tương ứng với một số mẫu xe hiện đang được khai thác vận tải chiếm phần lớn ở Việt Nam, thông qua tính toán động lực học chất lỏng CFD (Computation Fluid Dynamic). Trên cơ sở đó tác giả thực hiện khảo sát sự ảnh hưởng đến các đặc tính khí động lực học của đoàn xe khi thay đổi vị trí xếp container 20 feet trên rơ móc. Từ kết quả so sánh về phân bố vận tốc dòng bao quanh thân xe, phân bố áp suất trên bề mặt thân xe và lực khí động tác dụng lên xe, chúng tôi đưa ra các nhận xét nhằm cải thiện thân vỏ xe hợp lý nhất với điều kiện khai thác sử dụng đoàn xe tại Việt Nam, để có thể góp phần nâng cao hiệu suất kinh tế vận tải cho đoàn xe chở container.

**2. Mô hình đoàn xe chở container nguyên bản**

Trong nghiên cứu này, đoàn xe chở container 40 feet với đầu kéo được lấy theo hình dáng cơ bản của loại đầu kéo thông dụng ở nước ta hiện nay như HD700; HD1000 do tập đoàn Hyundai sản xuất được sử dụng trong tính toán mô phỏng số CFD. Bảng 1 thể hiện một số kích thước chủ yếu của đầu kéo và container 40 feet được mô hình hóa trong các tính toán mô phỏng. Hình dáng đoàn xe sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trên Hình 1.

**Bảng 1.** Thông số kích thước cơ bản của đoàn xe

Thứ tự	Tên	Trị số	Đơn vị
Chiều dài cơ sở		4.35	m
Kích thước bao	Dài	6.68	m
	Rộng	2.49	m
	Cao	3.13	m
Vệt bánh xe	Trước	2.04	m
	Sau	1.85	m
Phần nhô của xe	Trước	1.49	m
	Sau	0.84	m
Kích thước mooc xương	Dài	12.25	m
	Rộng	2.48	m
	Cao	1.50	m
Kích thước container 40 feet	Dài	12.19	m
	Rộng	2.44	m
	Cao	2.59	m



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

Từ mô hình đoàn xe này, các đặc tính khí động lực học thân vỏ xe sẽ được tính toán phân tích chi tiết thông qua sử dụng công cụ mô phỏng số CFD. Mô hình được mô phỏng trong hai trạng thái với xe nguyên bản gồm, xe không chở container và xe chở container 40 feet với tỷ lệ 1:1. Mô hình tính toán sử dụng trong nghiên cứu này có hình dáng và kích thước cơ bản tương ứng với hình dáng kích thước đoàn xe thực tế.

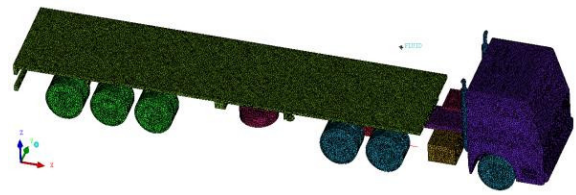
**3. Mô phỏng số CFD các đặc tính khí động lực đoàn xe chở container**

Trong nghiên cứu này, các đặc tính khí động lực học của đoàn xe được tính mô phỏng thông qua sử dụng công cụ mô phỏng số thương mại Ansys – Fluent v.14.5. Việc tính mô phỏng số CFD, được tiến hành theo các bước lập mô hình tính toán, thiết kế miền không gian tính toán, chia lưới và đặt các điều kiện biên. Trong quá trình mô phỏng số tất cả các bước thực hiện đều có ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Vì vậy việc thực hiện phải tiến hành theo các tài liệu chỉ dẫn chuyên môn do các tổ chức quốc tế đã công bố [15, 16] và dựa trên những kinh nghiệm tính toán đã được thực nghiệm kiểm tra đã công bố kết quả [2-12]. Trong nghiên cứu này quá trình tính mô phỏng số CFD đã được thực hiện theo tài liệu chỉ dẫn, theo các nghiên cứu đã công bố kết quả và đã được kiểm nghiệm bằng thực nghiệm mô hình tại ống thử khí động [2-16].

Trong nghiên cứu này, miền không gian tính toán được thiết kế với chiều dài 68m, chiều rộng 16m và chiều cao 8m, với kích thước thực của đoàn xe như trong Bảng 1. Chia lưới miền không gian tính toán với kiểu lưới không cấu trúc tứ diện được 4.7 triệu lưới. Mô hình rối k-epsilon áp dụng cho hàm không dừng được sử dụng, vận tốc vào đặt cho đầu vào, đầu ra đặt với điều kiện biên áp suất ra [2-16]. Bảng 2 thể hiện các thông số tính toán. Hình 2 thể hiện lưới chia trên bề mặt đoàn xe.

**Bảng 2:** Các thông số đầu vào tính toán

Tên	Giá trị	Đơn vị
Vận tốc vào, V	14.5	m/s
Áp suất ra, p	1.025	10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>
Khối lượng riêng của không khí, ρ	1.225	kg/m <sup>3</sup>
Độ nhớt động học, ν	1.789	10 <sup>-5</sup> kg/ms

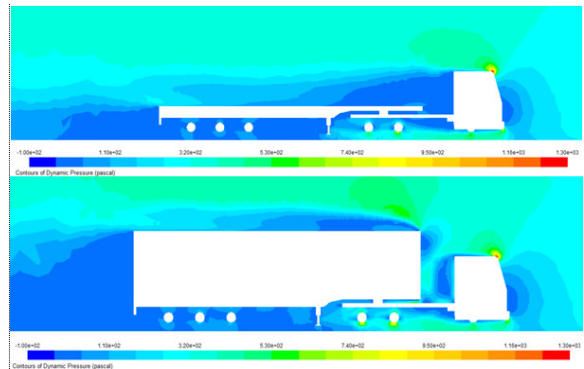


**Hình 2.** Chia lưới trên bề mặt thân vỏ đoàn xe trong không gian mô phỏng CFD

**4. Đặc tính khí động của đoàn xe chở container**

Trong phần này, đoàn xe chở container nguyên bản (Hình 1) được khảo sát các đặc tính khí động học ở hai trường hợp có hàng và không chở hàng khi hoạt động trong dải vận tốc khai thác từ 40km/h đến 120 km/h [1-16]. Hình 3, 4 thể hiện kết quả mô phỏng phân bố áp suất, dòng bao quanh thân xe ở vận tốc 80km/h với 2 trường hợp khai thác của đoàn xe.

Kết quả phân bố áp suất và dòng bao quanh đoàn xe cho thấy rõ sự thay đổi vận tốc và áp suất xung quanh thân xe. Với mô hình đoàn xe không chở container diện tích vùng áp suất thấp giảm đi rõ rệt, không có ảnh hưởng của vùng nhiễu động gần container. Thông qua việc phân tích kết quả này sẽ giúp cho việc tối ưu hóa hình dáng hay điều khiển dòng bao quanh xe để có thể làm giảm lực cản khí động tác dụng lên đoàn xe.

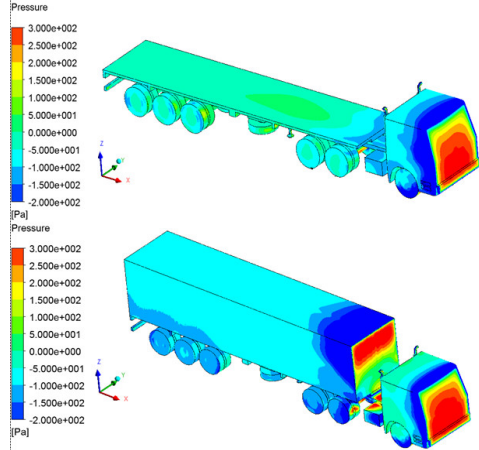


**Hình 3.** Phân bố áp suất động tại mặt cắt dọc tâm đoàn xe ở vận tốc V=80km/h



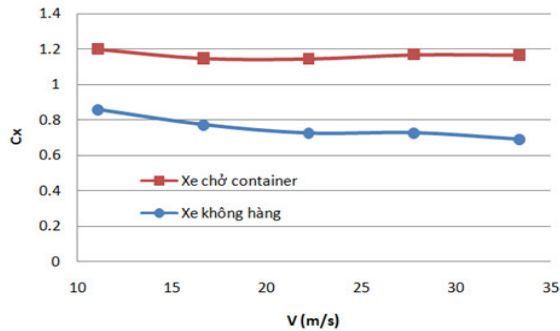
**Hình 4.** Vận tốc dòng bao quanh thân xe trong trạng thái đoàn xe chở container 40 feet

Hình 5 thể hiện phân bố áp suất trên bề mặt thân vỏ xe trong hai trạng thái khai thác xe. Kết quả cho thấy rõ sự thay đổi và ảnh hưởng của hình dáng thiết kế của xe đến sự phân bố áp suất trên thân xe. Đây là kết quả quan trọng trong việc xác định các nhân tố làm gia tăng lực cản khí động cho xe.



**Hình 5.** Phân bố áp suất trên bề mặt thân vỏ đoàn xe ở vận tốc khai thác 80km/h

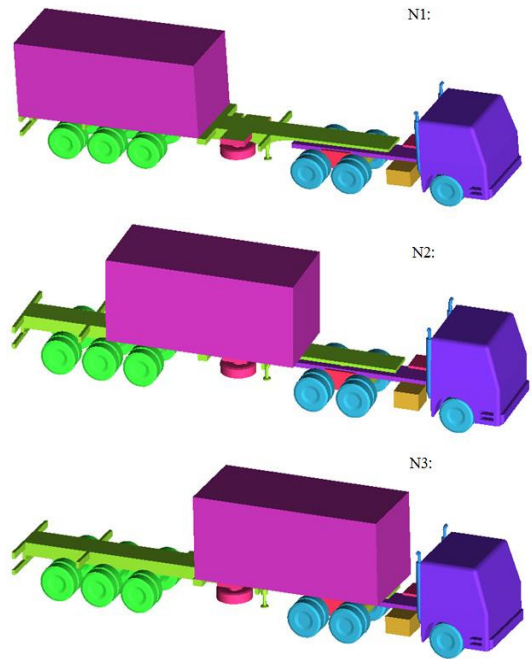
Hình 6 thể hiện đồ thị lực cản khí động tác động lên đoàn xe theo vận tốc khi xe có và không chở container. Từ kết quả tính toán lực cản khí động tác động lên đoàn xe cho thấy khi vận tốc chạy xe càng lớn thì lực cản khí động tác động lên xe càng tăng cao. Hệ số lực cản khí động tác động lên đoàn xe khi không chở container xấp xỉ bằng nhau và dao động quanh giá trị 0.75, hệ số lực cản khí động của đoàn xe khi chở container 40 feet xấp xỉ 1.2 trong dải vận tốc khảo sát 40km/h – 120km/h.



**Hình 6.** Đồ thị hệ số lực cản khí động theo vận tốc của đoàn xe

**5. Ảnh hưởng của vị trí xếp container 20 feet đến đặc tính khí động lực đoàn xe**

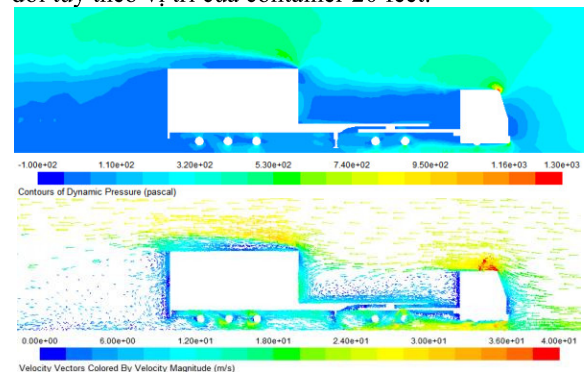
Trong phần này, việc nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí đặt container 20 feet đến các đặc tính khí động lực đoàn xe được thực hiện dựa trên cơ sở so sánh, phân tích các kết quả mô phỏng số đoàn xe trong 3 trường hợp bố trí container 20 feet khác nhau khi vận chuyển hàng của đoàn xe. Hình 7 thể hiện mô hình tính toán mô phỏng 3 trường hợp xếp container trên xe với các vị trí khác nhau tương ứng N1, N2 và N3.



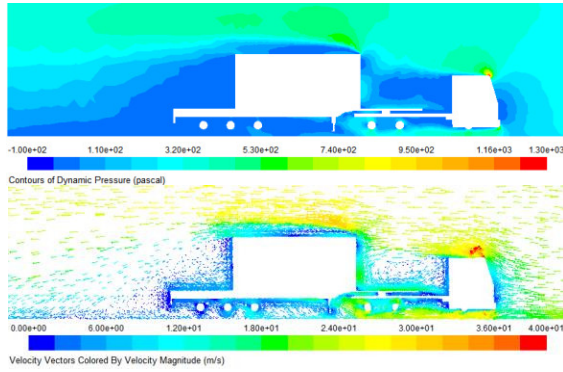
**Hình 7.** Mô hình đoàn xe chở container 20 feet với các vị trí đặt container khác nhau, N1, N2, N3

Trên cơ sở tính toán mô phỏng số, các mô hình xe này được thực hiện mô phỏng số như đã trình bày ở trên [1-16]. Để khảo sát các đặc tính khí động lực học thân vỏ xe. Trong nghiên cứu này, các mô hình được khảo sát được thực hiện với vận tốc khai thác tương ứng của xe là 80 km/h.

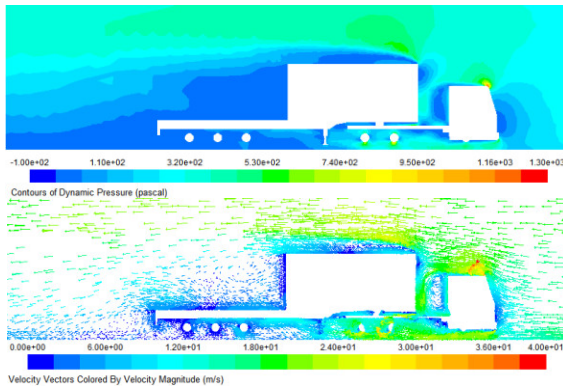
Kết quả mô phỏng thể hiện trên hình 8, 9 và 10 thể hiện kết quả phân bố áp suất và dòng bao quanh đoàn xe tại mặt cắt dọc tâm, khi thay đổi vị trí xếp container 20 feet. Sự thay đổi vị trí container đã làm thay đổi phân bố áp suất và dòng bao quanh đoàn xe rõ rệt. Diện tích các vùng nhiễu động dòng, vùng áp suất động thấp tại khu vực giữa đầu xe và container, tại phía sau đoàn xe giảm đi khi khoảng cách tương đối giữa đầu xe và container giảm đi. Kết quả này cho thấy lực cản khí động tác động lên đoàn xe có thể thay đổi tùy theo vị trí của container 20 feet.



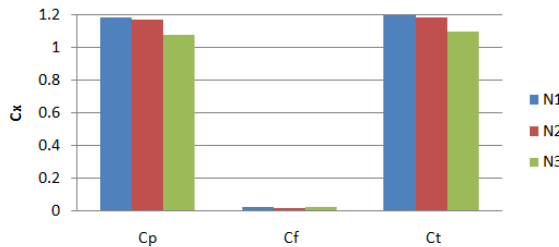
**Hình 8.** Phân bố áp suất và vận tốc dòng bao quanh xe tại mặt cắt dọc tâm, N1



**Hình 9.** Phân bố áp suất và vận tốc dòng bao quanh xe tại mặt cắt dọc tâm, N2



**Hình 10.** Phân bố áp suất và vận tốc dòng bao quanh xe tại mặt cắt dọc tâm, N3



**Hình 11.** Hệ số lực cản khí động tác động lên đoàn xe tại vận tốc khai thác 80km/h

Hình 11 thể hiện kết quả tính lực cản khí động tác động lên đoàn xe ở vận tốc khai thác 80km/h. Kết quả cho thấy việc thay đổi vị trí container 20 feet đã làm thay đổi lực cản khí động tác động lên đoàn xe. Như vậy, khi bố trí container tại vị trí thứ 3 sẽ giúp giảm được lực cản khí động thân vỏ đoàn xe.

Trong nghiên cứu lực cản khí động, lực cản khí động tổng có thể được phân chia thành hai thành phần lực cản khí động do áp suất, nhiễu động dòng gây ra và lực cản khí động do ma sát giữa không khí và thành tác dụng gây ra. Đặc trưng cho hai thành phần này là các hệ số lực cản khí động áp suất  $C_p$  và hệ số lực cản ma sát  $C_f$ , hệ số lực cản khí động tổng  $C_t$ . Các

hệ số lực cản khí động được xác định theo công thức (1).

$$C_x = \frac{R}{0.5\rho V^2 S} \quad (1)$$

Trong đó: R là lực khí động tác dụng lên xe, N

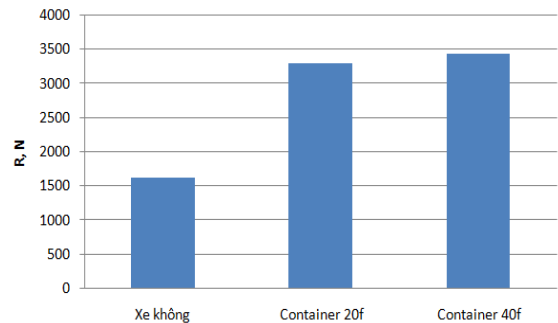
V là vận tốc chuyển động, m/s

S là diện tích mặt hứng gió, m<sup>2</sup>

Hình 12 thể hiện kết quả so sánh hệ số lực cản khí động trong các trường hợp xe chở container 40 feet và xe chở container 20 feet. Kết quả so sánh chi tiết được thể hiện trong bảng 3. Từ kết quả này cho thấy, hệ số lực cản khí động tác động lên thân vỏ đoàn xe xấp xỉ giá trị bằng 1. Tuy nhiên có sự khác biệt rõ rệt về công suất tiêu hao trong các trường hợp xe chở theo container và xe không chở theo container như thể hiện trên biểu đồ lực cản hình 12 và bảng so sánh công suất Bảng 3.

**Bảng 3.** Hệ số lực cản khí động và công suất tiêu hao cho thành phần lực cản khí động

Phương án chở container	$C_x$	$P_w, CV$	$\%P_w$
Không chở container	0.724	48.33	-52.9
20 feet	1.100	98.55	-3.9
40 feet	1.145	102.55	0.0



**Hình 12.** Lực cản khí động tác động lên xe

## 6. Kết luận

Trong bài báo này, tác giả đã trình các kết quả nghiên cứu về đặc tính khí động của đoàn xe chở container. Trên cơ sở phân tích kết quả tính toán của mô hình đoàn xe nguyên bản, bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng của vị trí đặt container 20 feet trên đoàn xe đến các đặc tính khí động đoàn xe. Với giới hạn nội dung nghiên cứu về đặc tính khí động học và lực cản khí động đoàn xe, dưới đây là một số kết luận của bài báo này:

- Việc sử dụng công cụ mô phỏng số giúp nhà nghiên cứu có thể hiểu rõ được sự phân bố dòng, áp suất tác động lên thân đoàn xe. Đây là việc có thể thực hiện

được bằng thực nghiệm, tuy nhiên tốn kém hơn rất nhiều.

- Thông qua kết quả của bài báo cho thấy, khi xe lưu thông với vận tốc cao lực cản khí động tăng nhanh theo tốc độ khai thác. Việc bố trí xe chạy không chờ theo container và xe chỉ chở 1 container 20 feet với các vị trí đặt khác nhau có ảnh hưởng đến lực cản khí động tác động lên đoàn xe. Ngoài việc nghiên cứu về vị trí xếp container để có lợi nhất về giảm lực cản khí động, cần thiết phải nghiên cứu thêm về ảnh hưởng của việc xếp container đến tính an toàn cho xe khi quay vòng, đổi hướng xe để có thể có kết luận cụ thể về việc áp dụng giải pháp kỹ thuật này. Vấn đề này còn liên quan đến các quy định và luật xếp hàng khi lưu thông xe trên đường. Với hạn chế về nội dung nghiên cứu, trong bài báo này tác giả chưa thực hiện nghiên cứu nội dung này.

- Trên cơ sở phân tích kết quả tính mô phỏng số CFD như phân bố áp suất và lực tác động lên đoàn xe đã cho thấy nguyên nhân làm tăng hay giảm lực cản khí động tác động lên thân xe. Các kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng này sẽ là cơ sở để tối ưu hình dáng khí động cho đoàn xe để có lợi nhất về lực cản khí động. Đây chính là cơ sở để giảm tiêu hao nhiên liệu cần thiết cho đoàn xe và nâng cao hiệu quả kinh tế khai thác đoàn xe.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] K. Salari. DOE's Effort to Improve Heavy Vehicle Aerodynamics through Joint Experiments and Computations. DOE annual merit review, Lawrence Livermore National Laboratory (2013).
- [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 (2010), pp. 1-25.
- [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 (2013), Vol.56, pp. 201-205.
- [4] Ch. Hakansson, M.J. Lenngren. CFD analysis of aerodynamic trailer devices for drag reduction of heavy duty trucks. Master thesis of Chalmers University of technology, Sweden (2010).
- [5] GM.R. Gandert, V. Raemdonck, J.L. Michel, V. Tooren. Design of an aerodynamic aid for the underbody of trainler within a tractor-trailer combination. BBAA VI International colloquium on Bluff bodies aerodynamic and applications, Milano, Italy (2008), pp.1-14.
- [6] Ngo.V. H, Y. Ikeda. A Study on Interaction Effects between Hull and Accommodation on Air Resistance of a Ship. Proceeding of the JASNAOE, Hiroshima, Japan (2013), Vol.16, pp.278-281.
- [7] K. Mizutani, D. Arai, N.V. He, Y. Ikeda. A Study on Reduction of the Wind Resistance Acting on a Wood Chip Carrier. Proc. of the JASNAOE, Hiroshima, Japan (2013), Vol.16, pp.282-285.
- [8] K. Mizutani, Y. Akiyama, N.V. He, Y. Ikeda. Effects of cargo handling equipment on wind resistance acting on a wood chip carrier. Proceeding of the JASNAOE, Hiroshima, Japan (2014), Vol.18, ISSN: 2185-1840, pp.421-424.
- [9] Ngo. V.H, K. Mizutani, Y. Ikeda. "Reducing air resistance acting on a ship by using interaction effects between the hull and accommodation". Proceeding of the 7th AUN/SEED-Net RCMME 2014, Hanoi, Vietnam, ISSN: 978-604-911-942-2, pp.497-501.
- [10] Ngo. V.H, Phan. A.T, Luong. N.L, Y. Ikeda. "A Study on interaction Effects on air resistance acting on a ship by shape and location of the accommodation". Journal of Science and Technology, Vietnam (2015), Vol 27, ISSN:1859-3585, pp. 109-112.
- [11] Ngo V. H, Mizutani. K, Ikeda. Y. "Reducing air resistance acting on a ship by using interaction effects between the hull and accommodation". Ocean Engineering Journal (2015), Vol. 111, pp. 414-423.
- [12] Ngô Văn Hệ, Lê Quang (2015). Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dáng thân vỏ đến đặc tính khí động đoàn xe chở container. Tạp chí giao thông vận tải (2015), số 56, pp.194-196.
- [13] Trần Sĩ Phiệt, Vũ Duy Quang. Thủy khí Động lực học kỹ thuật (1979). NXB ĐH và TH CN Hà Nội.
- [14] Nguyễn Phước Hoàng ( Chủ biên), Phạm đức Nhuận, Nguyễn Thạc Tân. Thủy lực và máy thủy lực. NXB đại học và trung học chuyên nghiệp, Hà nội 1979.
- [15] ITTC (2008), The proc. of the 25th International Towing Tank Conference, Fukuoka, Japan, Website: <http://ittc.sname.org/proc25/assets/documents/Volumel/Proceedings>.
- [16] ITTC (2011), The proc. of the 26th International Towing Tank Conference, Rio de Janeiro, Brazil, Website: <http://ittc.sname.org/proc26/assets/documents/Volumel/Proceedings>.