



ASSESSMENT OF THE EFFECT OF WAGON UNIT BASIC RESISTANCE FORCE BY DIFFERENT MODELS ON THE TRAIN MASS

Pham Huy Khuong, Do Duc Tuan*, Nguyen Duc Toan

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 13/03/2023

Revised: 05/08/2024

Accepted: 10/08/2024

Published online: 15/08/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.6.3>

* *Corresponding author*

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: 0913905814

Abstract. In the railway industry, to calculate the traction force and determine the train mass, it is necessary to know the forces acting on the train in the operation, including the basic resistance force of locomotives and wagons. The force is determined through the unit basic resistance force. The unit force is calculated through experimental expressions applied to each specific type of locomotive and wagon. Until now, in the Vietnamese railway industry, there are no experimental conditions to determine the expressions. Therefore, the traction force calculation is based on foreign experimental expressions, which are quite diverse and have significant differences. Using the expressions in the calculation process has not been unified, leading to differences in calculation results. The article aims to synthesize and analyze models of calculating the unit basic resistance force of wagons from different sources. Thereby establishing expressions for calculating the force of wagons used in the Vietnamese railway industry by the different models, and evaluating their influence on the train mass. The research results are the basis for proposing some content for rebuilding the traction procedure of Vietnam railways.

Keywords: unit basic resistance force, wagon, traction calculation, train mass, Vietnam railways.

© 2024 University of Transport and Communications



ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ TOA XE HÀNG THEO CÁC MÔ HÌNH KHÁC NHAU ĐẾN KHỐI LƯỢNG ĐOÀN TÀU

Phạm Huy Khương, Đỗ Đức Tuấn*, Nguyễn Đức Toàn

Trường Đại học Giao thông vận tải, số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 13/03/2023

Ngày nhận bài sửa: 05/08/2024

Ngày chấp nhận đăng: 10/08/2024

Ngày xuất bản Online: 15/08/2024

<https://doi.org/10.47869/tcsj.75.6.3>

* Tác giả liên hệ

Email: ddtuan@utc.edu.vn; Tel: 0913905814

Tóm tắt. Trong ngành đường sắt, để tính toán sức kéo và xác định khối lượng kéo đoàn tàu, cần biết các lực tác dụng lên đoàn tàu trong quá trình vận hành, trong đó có lực cản cơ bản của đầu máy và toa xe. Lực cản cơ bản được xác định thông qua lực cản cơ bản đơn vị. Lực cản cơ bản đơn vị được tính toán thông qua các biểu thức xây dựng trên cơ sở thực nghiệm và được áp dụng cho từng loại đầu máy, toa xe cụ thể. Cho đến nay, trong ngành đường sắt Việt Nam, chưa có điều kiện thử nghiệm để xác định các biểu thức tính toán lực cản cơ bản đơn vị cho đầu máy và toa xe. Vì vậy, việc tính toán sức kéo đều dựa vào các biểu thức thực nghiệm của nước ngoài, khá đa dạng và có những khác biệt đáng kể. Việc sử dụng các biểu thức đó trong quá trình tính toán chưa có sự thống nhất, dẫn đến những khác biệt trong kết quả tính toán. Nội dung bài viết này nhằm tổng hợp, phân tích các mô hình tính toán sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng từ các nguồn khác nhau, từ đó thiết lập các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho các loại toa xe hàng sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam theo các mô hình khác nhau, từ đó đánh giá ảnh hưởng của chúng đến khối lượng kéo của đoàn tàu. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đề xuất một số nội dung cho việc xây dựng lại quy trình sức kéo đường sắt Việt Nam.

Từ khóa: sức cản cơ bản đơn vị, toa xe, tính toán sức kéo, khối lượng kéo đoàn tàu, đường sắt Việt Nam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để tính toán sức kéo, xác định khối lượng kéo đoàn tàu trong ngành đường sắt, cần biết các lực tác dụng lên đoàn tàu trong quá trình vận hành, đó là lực kéo, lực cản và lực hãm. Lực cản tác dụng lên đoàn tàu gồm lực cản cơ bản và lực cản phụ. Lực cản cơ bản là loại lực thường xuyên tác dụng lên đoàn tàu trong bất kỳ trạng thái vận hành nào của nó, bao gồm lực cản cơ bản của đầu máy và lực cản cơ bản của toa xe. Lực cản cơ bản tác dụng lên đầu máy hoặc toa xe được xác định thông qua *lực cản cơ bản đơn vị*. Lực cản cơ bản đơn vị được tính toán thông qua các biểu thức được xây dựng trên cơ sở thực nghiệm và được áp dụng cho từng loại đầu máy, toa xe cụ thể. Cho đến nay, trong ngành đường sắt Việt Nam, chưa có điều kiện thử nghiệm để xác định các biểu thức tính toán lực cản cơ bản đơn vị cho đầu máy và toa xe. Vì vậy, việc tính toán sức kéo đều dựa vào các biểu thức thực nghiệm, có nguồn gốc từ nhiều nghiên cứu của các nước khác nhau, khá đa dạng và có những khác biệt đáng kể; đồng thời việc sử dụng các biểu thức đó trong quá trình tính toán thường mang tính đơn lẻ, tản mạn, thiếu sự nhất quán và tính thống nhất về cơ sở khoa học. Điều này phần nào ảnh hưởng đến kết quả tính toán sức kéo, đặc biệt là ảnh hưởng đến kết quả xác định khối lượng kéo đoàn tàu trên tuyến cũng như các thông số khác. Cho đến nay, đã có nghiên cứu bước đầu về việc tổng hợp và hệ thống hóa các mô hình tổng quát tính toán SCCB đơn vị của đầu máy, từ đó xác định các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị (SCCBĐV) cho các loại đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam (ĐSVN) theo các mô hình tổng quát và đánh giá ảnh hưởng của chúng tới khối lượng kéo của đoàn tàu [1]. Tuy nhiên, việc tổng hợp và hệ thống hóa các mô hình tổng quát tính toán (SCCBĐV) của toa xe nhằm thiết lập các biểu thức SCCB đơn vị cho các loại toa xe sử dụng trong ngành ĐSVN theo các mô hình tổng quát và đánh giá ảnh hưởng của chúng tới khối lượng kéo của đoàn tàu là vấn đề còn chưa được nghiên cứu. Vì vậy, nội dung bài viết này là tổng hợp, phân tích các mô hình sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng, từ đó thiết lập các biểu thức tính toán *sức cản cơ bản đơn vị cho toa xe hàng* sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam, đồng thời đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng các biểu thức theo các mô hình khác nhau đến khối lượng kéo của đoàn tàu. Kết quả nghiên cứu là cơ sở đề xuất một số nội dung cho việc xây dựng lại quy trình sức kéo đường sắt Việt Nam.

2. CÁC MÔ HÌNH TỔNG QUÁT TÍNH TOÁN SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ CỦA TOA XE

2.1. Khái quát chung

Sau khi nghiên cứu nhiều nguồn tài liệu khác nhau ở ngoài nước và ở Việt Nam [2 - 15] và tổng hợp lại, thấy rằng, các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị của toa xe rất đa dạng, nhưng có thể phân thành hai nhóm chính. Nhóm thứ nhất bao gồm các biểu thức cụ thể cho từng kiểu loại toa xe [2-10] và nhóm thứ hai là các mô hình tổng quát [8, 10-15], trong đó từ các mô hình tổng quát này có thể thiết lập các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cụ thể cho từng kiểu loại toa xe tùy thuộc vào các thông số kỹ thuật cụ thể của chúng.

Các biểu thức sức cản và sức cản cơ bản đơn vị (SCCBĐV) của toa xe mặc dù khá đa dạng, nhưng luôn có mối quan hệ phụ thuộc với tốc độ vận hành của đoàn tàu V và được biểu diễn dưới dạng tổng quát là:

$$a_0'' = A + BV + CV^2, \text{ N/kN} \quad (1)$$

trong đó:

ω_0 - sức cản cơ bản đơn vị của toa xe, kN/N; V - tốc độ chuyển động của đoàn tàu, km/h; A, B, C - các hệ số thực nghiệm, được xác định cụ thể cho từng loại toa xe.

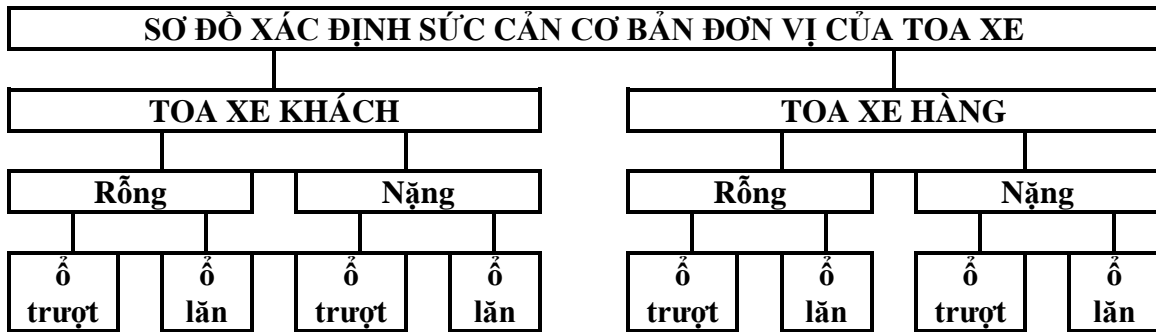
Cũng cần lưu ý là có một số biểu thức chỉ xét riêng biệt hoặc yếu tố tốc độ V , hoặc yếu tố V^2 .

Tất cả các mô hình tính toán sức cản cơ bản đều được xây dựng trên cơ sở thực nghiệm với các hệ số khác nhau. Các hệ số này đã xét đến việc chuyển đổi đơn vị đo, do đó các mô hình trên không tuân theo luật thứ nguyên.

Ngoài ra, khi tiến hành các thí nghiệm khác nhau để xác định sức cản của đầu máy, toa xe nói chung và toa xe nói riêng, người ta còn xét tới ảnh hưởng của một số thông số sau đây:

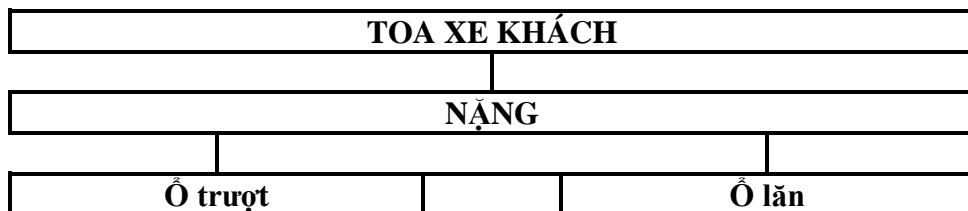
1. Tải trọng trục của đầu máy, toa xe q_0 , kN;
2. Tiết diện mắt cắt ngang của đầu máy, toa xe S , m²;
3. Tốc độ của gió tác dụng lên thành toa xe hoặc đoàn tàu V_g (m/giây hoặc km/h);
4. Kết cấu ổ đỡ hộp trục: ổ trượt, ổ lăn;
5. Chế độ tải trọng của toa xe: rỗng, nặng.
6. Số trục của toa xe (2 trục, 3 trục, 4 trục, 6 trục, 8 trục...).

Sơ đồ tổng quát xác định sức cản cơ bản đơn vị của toa xe thể hiện trên hình 1.



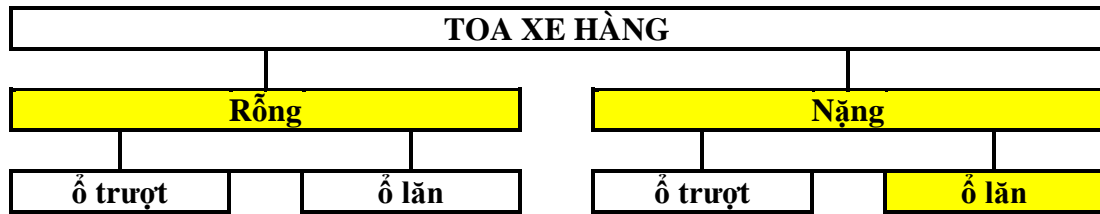
Hình 1. Sơ đồ tổng quát xác định sức cản cơ bản đơn vị của toa xe.

Đối với toa xe khách, hầu như người ta không xét trường hợp toa xe rỗng, do đó sơ đồ tổng quát xác định sức cản cơ bản đơn vị của toa xe khách được rút gọn và thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tổng quát xác định sức cản cơ bản đơn vị của toa xe khách.

Đối với toa xe hàng, người ta phải xét cả trường hợp toa xe rỗng và toa xe nặng, đồng thời xét cả kết cấu của hộp trục (ổ trượt hoặc ổ lăn) do đó sơ đồ tổng quát xác định sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ tổng quát xác định sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng.

Trong bài báo này tiến hành tổng hợp và lần lượt xem xét, phân tích các mô hình tổng quát đối với toa xe hàng.

2.2. Các biểu thức tổng quát tính toán sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng

Các biểu thức tổng quát tính toán sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng bao gồm [8, 10 - 15].

a. Mô hình của Quy trình sức kéo đường sắt Nga (QTSKĐS Nga) [8]

+ Đối với toa xe 4 trục nặng ($q_0 > 60$ kN), trên đường ray có mỗi nôi

$$\text{- Ổ trượt: } \omega_0^* = 0,7 + \left(\frac{80 + V + 0,025V^2}{q_0} \right), \text{ N/kN} \quad (5)$$

$$\text{- Ổ lăn: } \omega_0^* = 0,7 + \left(\frac{30 + V + 0,025V^2}{q_0} \right), \text{ N/kN} \quad (6)$$

Nhận xét:

Đây là mô hình xác định sức cản cơ bản đơn vị cho một toa xe độc lập.

Mô hình này không phân biệt hai trường hợp toa xe rộng và toa xe nặng. Ở đây lượng q_0 đã được quy định cho toa xe nặng.

+ Đối với toa xe 4 trục rộng ($q_0 \leq 60$ kN), trên đường ray có mỗi nôi

$$\text{- Ổ trượt: } \omega_0^* = 1,5 + 0,045V + 0,00027V^2, \text{ N/kN} \quad (7)$$

$$\text{- Ổ lăn: } \omega_0^* = 1,0 + 0,044V + 0,00024V^2, \text{ N/kN} \quad (8)$$

Nhận xét:

Đây là các biểu thức cố định, không xét tới tải trọng trục rộng của toa xe.

b. Mô hình của Devisa [10-15]

$$\omega_0^* = 0,65 + \frac{131}{q_0} + 0,014V + \frac{0,01V^2S}{q_0^n}, \text{ N/kN} \quad (9)$$

trong đó:

q_0 - tải trọng trục trung bình toa xe, kN;

n - số trục trong một toa xe;

S - diện tích mặt cắt ngang mặt đầu của toa xe, m².

Nhận xét:

Đây là mô hình xác định sức cản cơ bản đơn vị của một toa xe riêng biệt khi nó vận hành trên đường (trong quá trình thí nghiệm xác định sức cản của toa xe), vì có xét tới yếu tố hình học là tiết diện mặt cắt gang (mặt đầu) của toa xe.

Trong mô hình này không đề cập tới loại hộp trục của toa xe là ổ trượt hay ổ lăn.

Khi các toa xe liên kết với nhau trong đoàn tàu thì yếu tố tiết diện mặt cắt ngang hầu như không còn ảnh hưởng nữa.

c. Mô hình của Franka [10-15]

- Đối với các toa xe rỗng:

$$\omega_0'' = 2,5 + \left(0,0142 + \frac{8,748}{q} \right) \left(\frac{V}{10} \right)^2, \text{ N/kN} \quad (10)$$

- Đối với các toa xe nặng:

$$\omega_0'' = 2,5 + \left(0,0142 + \frac{1,728}{q} \right) \left(\frac{V}{10} \right)^2, \text{ N/kN} \quad (11)$$

trong đó: q - trọng lượng cả bì của toa xe hàng, kN

Nhận xét:

Trong mô hình này không có thành phần V , không đề cập tới loại hộp trục của toa xe là ổ trượt hay ổ lăn.

d. Mô hình của Strahla [10-15]

$$\omega_0'' = 2,0 + (0,007 + K) \left(\frac{V \pm V_g}{10} \right)^2, \text{ N/kN} \quad (12)$$

trong đó:

V_g - tốc độ của gió tác dụng dọc theo thành xe, km/h;

K - hệ số

- đối với toa xe có mui, rỗng: $K = 0,10$;

- đối với toa xe có mui, nặng: $K = 0,025$;

- đối với toa xe không có mui: $K = 0,04$.

Nhận xét:

Mô hình này xét tới tốc độ của gió tác dụng lên thành xe, nhưng không xét đến ảnh hưởng của tải trọng trục và tiết diện mặt đầu của toa xe.

Đây là mô hình xác định sức cản đơn vị cho một toa xe hoặc cả đoàn tàu. Nếu coi môi trường là lặng gió thì $V_g = 0$.

Trong mô hình này không có thành phần V , không đề cập tới loại hộp trục của toa xe là ổ trượt hay ổ lăn.

Như vậy, ở nước ngoài có 4 mô hình tổng quát tính toán sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng, trong đó có 01 mô hình của QTSKĐS Nga và 3 mô hình lần lượt của của Devisa, Theo Franka và Santhoffa.

Mặt khác, 04 mô hình tổng quát này đều sử dụng cho việc tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho một loại toa xe độc lập, còn 01 mô hình có thể sử dụng cho việc tính toán sức cơ cơ bản đơn vị cho cả đoàn xe (mô hình của Strahla).

Trong Quy trình sức kéo đoàn tàu đường sắt Việt Nam, sức cản cơ bản đơn vị của toa xe hàng là các biểu thức cụ thể, không có mô hình tổng quát.

3. THIẾT LẬP CÁC BIỂU THỨC TÍNH TOÁN SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ CHO TOA XE HÀNG SỬ DỤNG TRONG NGÀNH ĐSVN THEO CÁC MÔ HÌNH TỔNG QUÁT

Để thiết lập các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị toa xe theo các mô hình đã nêu, cần có các thông số kỹ thuật của các loại toa xe đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam (ĐSVN).

3.1. Một số thông số kỹ thuật cơ bản của toa xe hàng sử dụng trong ngành ĐSVN

Một số thông số kỹ thuật cơ bản của toa xe hàng sử dụng trong ngành ĐSVN thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Một số thông số kỹ thuật cơ bản của toa xe hàng sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam.

(Nguồn: Tổng Công ty ĐSVN)

TT	Loại toa xe	Tự nặng q_r , tấn	Tải trọng trục rộng q_{or} , tấn	Trọng tải q , tấn	Tổng trọng q_n , tấn	Tải trọng trục nặng q_{on} , tấn	Rộng R , m	Cao H , m	Tiết diện S , m ²
1	G-Ấn Độ	18	4,5	35	53	13,25	2,8	3,537	9,9
2	G-Ru	20	5	30	50	12,50	2,8	3,537	9,9
3	G-TQ	15,7	3,925	30	45,7	11,425	2,8	3,537	9,9
4	G-VN	20	5	30	50	12,5	2,8	3,537	9,9
5	G-VN mới	20	5	35	55	13,75	2,8	3,537	9,9
6	H-Ấn Độ	16	4	40	56	14	2,74	2,29	6,27
7	H-Ru	20	5	30	50	12,5	2,74	2,29	6,27
8	H-TQ	14,4	3,6	30	44,4	11,1	2,74	2,29	6,27
9	N-TQ	13	3,25	30	43	10,75	-	-	-
10	N-VN	15	3,75	30	45	11,25	-	-	-
11	M-TQ	15,5	3,875	35	50,5	12,625	-	-	-
12	P-TQ	16,8	4,2	30	46,8	11,7	2,9	3,9	11,31
13	P-VN	15	3,75	30	45	11,25	2,9	3,9	11,31
14	R-TQ	19	4,75	40	59	14,75	-	-	-
15	T-VN	19,6	4,9	10	29,6	7,4	-	-	-
16	XT-TQ	25,6	6,4	40	65,6	16,4	-	-	-

3.2. Các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của toa xe sử dụng trong ngành ĐSVN [5]

Hiện nay, các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của toa xe sử dụng trong ngành ĐSVN được quy định trong “Quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu đường sắt” do Bộ GTVT ban hành năm 1985 (QTSKĐSVN), được cho trong bảng 2 [5]. Đến nay, đây vẫn vẫn bản pháp lý duy nhất, chưa có văn bản nào thay thế. Các biểu thức này sẽ được tính toán để so sánh với các mô hình tổng quát (2) - (12) đã nêu ở trên.

Bảng 2. Lực cản cơ bản đơn vị của toa xe sử dụng trong ngành ĐSVN.

Khổ đường	Toa xe 4 trục	Loại ổ trục	Công thức sức cản đơn vị, N/kN
1000 mm	Hàng nặng	ổ trượt	$\omega_0'' = 1,0 + 0,04V + 0,00032V^2$
	Hàng rỗng		$\omega_0'' = 1,2 + 0,02V + 0,0017V^2$
	Hàng nặng	ổ lăn	$\omega_0'' = 0,7 + 0,04V + 0,00032V^2$
	Hàng rỗng		$\omega_0'' = 0,9 + 0,02V + 0,0017V^2$
	Khách	ổ trượt	$\omega_0'' = 2,6 + 0,036V + 0,00029V^2$
	Khách	ổ lăn	$\omega_0'' = 1,5 + 0,026V + 0,00029V^2$
1435 mm	Khách + Hàng	ổ trượt	$\omega_0'' = 2(0,007 + m)\frac{V^2}{10}$
	Khách + Hàng	ổ lăn	$\omega_0'' = 2,2 - \frac{80}{38 + V} + (0,007 + m)\frac{V^2}{100}$

trong đó:
 m = 0,033 - đối với toa xe khách
 m = 0,05 - đối với toa xe hàng nặng
 m = 0,10 - đối với toa xe hàng rỗng

3.3. Thiết lập các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho toa xe hàng sử dụng trong ngành ĐSVN theo các mô hình tổng quát

Từ các thông số kỹ thuật cơ bản của toa xe hàng sử dụng trên đường sắt Việt Nam trong bảng 2, đã tiến hành thiết lập các biểu thức tính toán SCCBĐV cho từng loại toa xe theo các mô hình tổng quát đã nêu ở cả hai chế độ tải trọng rỗng và nặng.

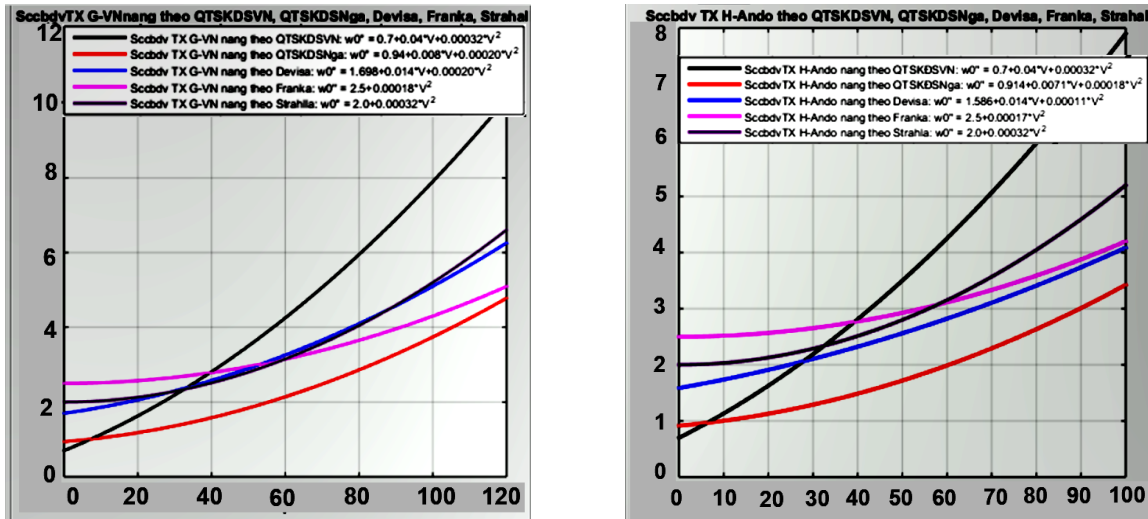
Bảng 3. Biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của các loại toa xe hàng 4 trục ổ lăn sử dụng trong ngành ĐSVN được thiết lập trên cơ sở các mô hình tổng quát ở chế độ tải trọng nặng.

		Đơn vị tính: N/kN			
T	Loại toa xe	Mô hình tổng quát của QTSKĐS Nga, toa xe hàng nặng $\omega_0'' = 0,7 + \left(\frac{30 + V + 0,025V^2}{q_0}\right)$, kN	Mô hình tổng quát của Devisa, toa xe hàng nặng $\omega_0'' = 0,65 + \frac{131}{q_0} + 0,014V + \frac{0,01V^2S}{q_0n}$, N/kN	Mô hình tổng quát của Franka, toa xe hàng nặng $\omega_0'' = 2,5 + \left(0,0142 + \frac{1,728}{q}\right)\left(\frac{V}{10}\right)^2$ $\omega_0'' = 2,5 + \left(0,000142 + \frac{0,01728}{q}\right)V^2$, N/kN	Mô hình tổng quát của Strahla, toa xe hàng nặng $\omega_0'' = 2,0 + (0,007 + K)\left(\frac{V \pm V_g}{10}\right)^2$, N/kN
		q_0 tính bằng kN	q_0 tính bằng kN	q tính bằng kN	$K=0,025$ có mũi nặng, $V_g = 0$
1	G-Ấn Độ	$w_0'' = 0,926 + 0,0075 + 0,00019V^2$	$w_0'' = 1,639 + 0,014V + 0,00019V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00017V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
2	G-Ru	$w_0'' = 0,940 + 0,0080 + 0,00020V^2$	$w_0'' = 1,698 + 0,014V + 0,00020V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00018V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
3	G-TQ	$w_0'' = 0,963 + 0,0088 + 0,00022V^2$	$w_0'' = 1,797 + 0,014V + 0,00022V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00018V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
4	G-VN	$w_0'' = 0,940 + 0,0080 + 0,00020V^2$	$w_0'' = 1,698 + 0,014V + 0,00020V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00018V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
5	G-VN mới	$w_0'' = 0,918 + 0,0073V + 0,00018V^2$	$w_0'' = 1,063 + 0,014V + 0,00018V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00017V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
					không có mũi, không phân biệt rỗng, nặng $K = 0,04; V_g = 0$
6	H-Ấn Độ	$w_0'' = 0,914 + 0,0071V + 0,00018V^2$	$w_0'' = 1,586 + 0,014V + 0,00011V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00017V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
7	H-Ru	$w_0'' = 0,940 + 0,0080 + 0,00020V^2$	$w_0'' = 1,698 + 0,014V + 0,00013V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,0018V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$
8	H-TQ	$w_0'' = 0,970 + 0,0090V + 0,00023V^2$	$w_0'' = 1,830 + 0,014V + 0,00014V^2$	$w_0'' = 2,5 + 0,00018V^2$	$w_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$

Ở đây đơn cử giới thiệu kết quả thiết lập các biểu thức tính toán SCCBDV cho 8 loại toa xe hàng chủ yếu, trong đó có 5 loại toa xe hàng có mui (G) và ba loại toa xe hàng thành cao (H) theo các mô hình tổng quát khác nhau ở chế độ tải trọng nặng, thể hiện trong bảng 3.

Từ các biểu thức tính toán trong bảng 7, đã tiến hành xây dựng các biểu đồ SCCBDV của từng loại toa xe theo các mô hình tổng quát đã nêu ở cả hai chế độ tải trọng rỗng và nặng.

Dưới đây đơn cử giới thiệu đồ thị SCCBDV của hai loại toa xe là G-VN và H-Ấn Độ ở chế độ tải trọng nặng, thể hiện trên hình 4.



a. Toa xe G-VN

b. Toa xe H-Ấn Độ

Hình 4. Biểu đồ SCCBDV đơn vị của hai loại toa xe hàng xác định theo biểu thức của QTSKĐSVN và các mô hình tổng quát của QTSKĐSNga, Devisa, Franka và Strahla.

Nhận xét:

1. Biểu đồ SCCBDV đơn vị của 8 loại toa xe hàng đã thiết lập có quy luật chung và hoàn toàn tương đồng với nhau như toa xe G-VN và H-Ấn Độ thể hiện trên hình 4.

2. Ở dải tốc độ từ 0 đến khoảng 40 km/h thì SCCBDV của các loại toa xe nói trên tính theo mô hình QTSKĐSVN và QTSKĐSNga là nhỏ hơn so với các mô hình của Devisa, Franka và Strahla.

3. Ở dải tốc độ từ khoảng 40 đến 100 km/h thì SCCB đơn vị của các loại toa xe nói trên tính theo mô hình QTSKĐSNga, Devisa, Franka và Strahla đều nhỏ hơn so với QTSKĐSVN.

4. SCCBDV các loại toa xe hàng ở dải tốc độ 40 km/h trở lên tính theo biểu thức trong QTSKĐSVN có trị số lớn nhất, sau đó lần lượt đến Devisa, Strahla, Franka và QTSKĐSNga. Trong đó, trị số tính theo QTSKĐSNga là nhỏ nhất, còn theo Devisa và Franka là gần như tương đương.

5. Qua đây thấy rằng, khối lượng đoàn tàu tính theo QTSKĐSVN ở tốc độ dưới 40 km/h sẽ lớn hơn so với các mô hình còn lại, đồng thời sẽ nhỏ hơn ở tốc độ trên 40 km/h.

Vì vậy, cần tính toán xác định khối lượng đoàn tàu và mức độ chênh lệch của nó một cách định lượng theo các mô hình SCCBDV đơn vị khác nhau.

4. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG CÁC BIỂU THỨC SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ TOA XE THEO CÁC MÔ HÌNH KHÁC NHAU TỚI KHỐI LƯỢNG KÉO ĐOÀN TÀU

Việc tính toán khối lượng kéo cho đoàn tàu được tiến hành ở tất cả các dải tốc độ theo các biểu thức SCCBĐV của toa xe thiết lập theo các mô hình của QTSKĐSVN, QTSKĐS Nga, các mô hình của Devisa, Franka, và Strahlla.

Như đã biết, hiện nay ngành ĐSVN đang sử dụng 13 loại đầu máy, 18 loại toa xe khách và 16 loại toa xe hàng. Tổ hợp các phương án đầu máy và toa xe là khá lớn. Mặc dù vậy đã tiến hành tính toán cho 8 loại toa xe hàng chủ yếu là: G-Ấn Độ, G-Ru, G-TQ, G-VN, G-VN mới, H-Ấn Độ, H-Ru, H-TQ.

4.1. Tính toán đoàn tàu hàng với các toa xe G-VN do đầu máy D19E kéo

4.1.1. Tính toán khối lượng kéo đoàn tàu

Sử dụng đầu máy D19E với các thông số kỹ thuật sau đây:

- Khối lượng chính bị: $P = 81$ tấn; - Tải trọng trục: $13,5$ tấn; - Sức kéo khởi động: 370 kN; - Sức kéo dài hạn (tính toán): 221 kN; - Tốc độ dài hạn (tính toán): $15,6$ km/h; - Sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy: $\omega_0 = 1,623 + 0,00931V + 0,00063V^2$.

Toa xe hàng loại G-VN, 4 trục, ổ lăn:

- Tụ trọng $q_{tu} = 18$ tấn; - Tải trọng $q_{tai} = 35$ tấn; - Tổng trọng $q_{tong} = 53$ tấn; - SCCBĐV của toa xe theo QTSKĐSVN: $\omega_0'' = 0,7 + 0,04V + 0,00032V^2$, N/kN.

Khối lượng kéo đoàn tàu được xác định như sau:

$$Q = \frac{F_k - P_{dm} (\omega_0' + i_{qd}) g}{(\omega_0'' + i_{qd}) g}, \text{ tấn} \quad (13)$$

Tiến hành tính toán khối lượng kéo cho đoàn tàu ở tất cả các dải tốc độ theo các biểu thức SCCBĐV của toa xe thiết lập theo các mô hình của QTSKĐSVN, QTSKĐS Nga, các mô hình của Devisa, Franka, và Strahlla.

a. Thông số tính toán

Thông số tính toán được cho trong bảng 4.

Bảng 4. Thông số tính toán khối lượng kéo đoàn tàu hàng với đầu máy D19E và toa xe G-VN theo các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị toa xe.

Biểu thức SVCBĐV toa xe theo QTSKĐSVN	Biểu thức SVCBĐV toa xe theo QTSKĐS Nga	Biểu thức SVCBĐV toa xe theo Devisa	Biểu thức SVCBĐV toa xe theo Franka	Biểu thức SVCBĐV toa xe theo Strahlla
$\omega_0'' = 0,7 + 0,04V + 0,00032V^2$	$\omega_0'' = 0,963 + 0,008V + 0,00022V^2$	$\omega_0'' = 1,698 + 0,014V + 0,0002V^2$	$\omega_0'' = 2,5 + 0,00018V^2$	$\omega_0'' = 2,0 + 0,00032V^2$

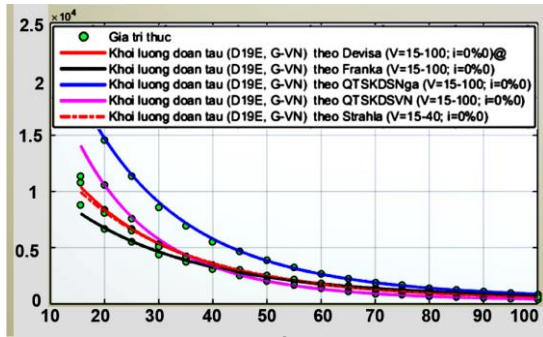
b. Kết quả tính toán

Kết quả tính toán khối lượng kéo đoàn tàu hàng gồm các toa xe G-VN do đầu máy D19E kéo trên độ dốc $0^0/00$ và $15^0/00$ ở tất cả các dải tốc độ được thể hiện trong bảng 5.

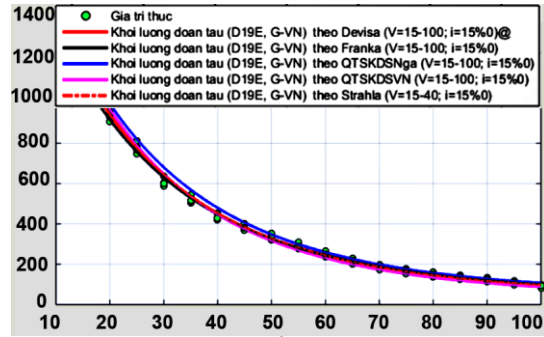
Từ kết quả tính toán trong bảng 5, xây dựng được các biểu đồ về khối lượng đoàn tàu trên độ dốc $0^0/00$ và $15^0/00$ theo tốc độ. Một số biểu đồ được thể hiện trên các hình 5, 6.

Bảng 5. Kết quả tính toán khối lượng kéo đoàn tàu hàng với đầu máy D19E và toa xe G-VN theo các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị toa xe.

		Sức cản cơ bản đơn vị của toa xe G-VN																			
		Theo QTSKDS 85				Theo QTSKDS Nga				Theo Devisa				Theo Franka				Theo Strahla			
Tốc độ V, km/h	Sức kéo F _k , N	Sức cản cơ bản đơn vị đầu máy w ₀ , N/kN	Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn		Sức cản đoàn tàu, tấn				
			Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =0 ‰	Độ dốc quy đổi i _{qd} =15 ‰					
0	370000	1,623	0,700	53693	2317	0,940	39984	2282	1,698	22135	2178	2,500	15034	2078	2,000	18793	2139				
5	355000	1,685	0,908	39704	2190	0,985	36600	2179	1,773	20333	2077	2,505	14395	1990	2,008	17954	2048				
10	340000	1,779	1,132	30490	2064	1,040	33187	2076	1,858	18576	1975	2,518	13707	1901	2,032	16985	1955				
15.6	221000	1,921	1,402	15959	1290	1,113	20092	1313	1,965	11385	1247	2,544	8795	1206	2,078	10767	1239				
20	170000	2,061	1,628	10542	959	1,180	14544	986	2,058	8339	935	2,572	6673	908	2,128	8065	931				
25	143000	2,249	1,900	7576	780	1,265	11379	810	2,173	6624	767	2,613	5510	748	2,200	6543	766				
30	116000	2,469	2,188	5313	606	1,360	8548	636	2,298	5059	602	2,662	4367	589	2,288	5081	602				
35	102000	2,720	2,492	4084	512	1,465	6947	544	2,433	4183	514	2,721	3741	506	2,392	4255	515				
40	88000	3,003	2,812	3104	422	1,580	5524	453	2,578	3385	427	2,788	3130	422	2,512	3474	429				
45	80500	3,317	3,148	2521	370	1,705	4655	402	2,733	2904	379	2,865	2771	376	2,648	2997	381				
50	73000	3,663	3,500	2041	321	1,840	3883	352	2,898	2465	331	2,950	2422	330	2,800	2552	333				
55	66500	4,040	3,868	1668	278	1,985	3250	308	3,073	2099	290	3,045	2119	290	2,968	2174	291				
60	60000	4,449	4,252	1354	236	2,140	2690	265	3,258	1767	249	3,148	1828	250	3,152	1826	250				
65	55000	4,889	4,652	1120	203	2,305	2261	231	3,453	1509	217	3,261	1598	219	3,352	1554	218				
70	50000	5,361	5,068	920	172	2,480	1880	197	3,658	1275	185	3,382	1379	188	3,568	1307	186				
75	47500	5,864	5,500	794	154	2,665	1639	178	3,873	1128	167	3,513	1243	170	3,800	1149	168				
80	45000	6,399	5,948	684	136	2,860	1423	160	4,098	993	149	3,652	1114	153	4,048	1005	150				
85	43500	6,965	6,412	604	124	3,065	1263	147	4,333	893	137	3,801	1018	141	4,312	898	137				
90	42000	7,563	6,892	532	112	3,280	1119	134	4,578	801	125	3,958	927	129	4,592	799	125				
95	39550	8,192	7,388	456	96	3,505	961	116	4,833	697	109	4,125	817	113	4,888	689	108				
100	37100	8,853	7,900	388	81	3,740	819	99	5,098	601	92	4,300	713	96	5,200	589	92				



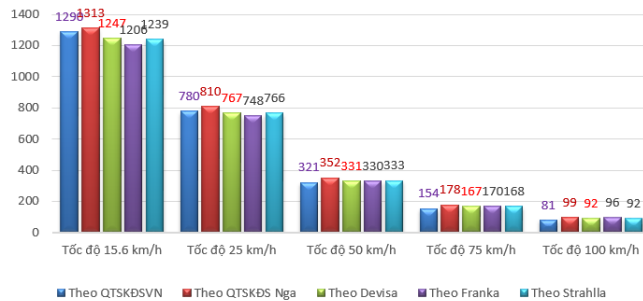
a. Độ dốc 0⁰/₀₀



b. Độ dốc 15⁰/₀₀

Hình 5. Biểu đồ khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng tấn (đầu máy D19E, toa xe G-VN) xác định theo các biểu thức SCCBĐV của toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.

Trục tung: Tốc độ V, km/h; Trục hoành: Khối lượng đoàn tàu Q, tấn



Hình 6. Biểu đồ khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng tấn (đầu máy D19E, toa xe G-VN) trên độ dốc 15⁰/₀₀ xác định theo các biểu thức SCCBĐV của toa xe theo mô hình tổng quát khác nhau.

(Trục hoành: Các dải tốc độ; Trục tung: Khối lượng đoàn tàu Q, tấn)

4.1.2. Xác định mức độ thay đổi khối lượng kéo đoàn tàu khi sử dụng các biểu thức SCCBĐV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau

Sau khi tính toán khối lượng kéo đoàn tàu ở các dải tốc độ và ở các độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0$ ‰ và $i_{qd} = 15$ ‰ cho đầu máy D19E đối với một loại toa xe hàng cụ thể G-VN, tiến hành tính toán độ giảm khối lượng kéo kể cả về mặt trị số và về mặt tỷ lệ % khi sử dụng các biểu thức SCCBĐV của toa xe theo các mô hình khác nhau, cụ thể là các mô hình của QTSKĐS Nga, Devisa, Franka, và Strahlla so với QTSKĐSVN. Kết quả tính toán được hiện trong bảng 6a, 6b và trên hình 8a-8b, 9a-9b.

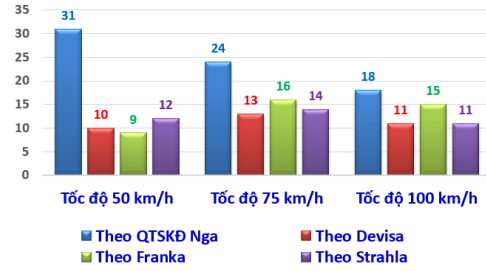
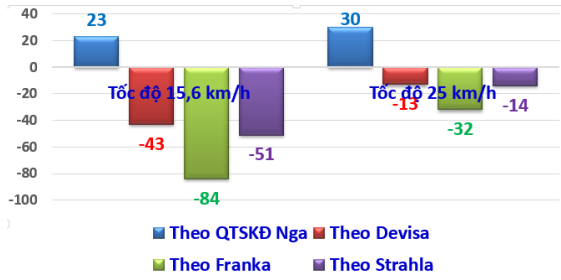
Bảng 6a. Kết quả tính toán mức độ thay đổi khối lượng kéo đoàn tàu hàng với đầu máy D19E và toa xe G-VN theo các biểu thức khác nhau của SCCBĐV toa xe ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0$ ‰ so với QTSKĐSVN.

Tốc độ V, km/h	Sức kéo F_k, N	Khối lượng kéo đoàn tàu, tấn (độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0$ ‰)						Sự thay đổi khối lượng kéo đoàn tàu so với QTSKĐSVN, ΔQ tấn (độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0$ ‰)									
		QTSK ĐSVN	QTSK ĐS Nga	Theo Devisa	Theo Franka	Theo Strahlla	QTSK ĐSVN	QTSKĐS Nga		Theo Devisa		Theo Franka		Theo Strahlla			
		tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%		
0	370000	53693	39984	22135	15034	18793	0	0	-13709	-25,532	-31558	-58,775	-38659	-72,000	-34900	-64,999	
5	355000	39704	36600	20333	14395	17954	0	0	-3104	-7,818	-19371	-48,789	-25309	-63,744	-21750	-54,780	
10	340000	30490	33187	18576	13707	16985	0	0	2697	8,846	-11914	-39,075	-16783	-55,044	-13505	-44,293	
15,6	221000	15959	20092	11385	8795	10767	0	0	4133	25,898	-4574	-28,661	-7164	-44,890	-5192	-32,533	
20	170000	10542	14544	8339	6673	8065	0	0	4002	37,962	-2203	-20,897	-3869	-36,701	-2477	-23,496	
25	143000	7576	11379	6624	5510	6543	0	0	3803	50,198	-952	-12,566	-2066	-27,270	-1033	-13,635	
30	116000	5313	8548	5059	4367	5081	0	0	3235	60,888	-254	-4,781	-946	-17,805	-232	-4,367	
35	102000	4084	6947	4183	3741	4255	0	0	2863	70,103	99	2,424	-343	-8,399	171	4,187	
40	88000	3104	5524	3385	3130	3474	0	0	2420	77,964	281	9,053	26	0,838	370	11,920	
45	80500	2521	4655	2904	2771	2997	0	0	2134	84,649	383	15,192	250	9,917	476	18,881	
50	73000	2041	3883	2465	2422	2552	0	0	1842	90,250	424	20,774	381	18,667	511	25,037	
55	66500	1668	3250	2099	2119	2174	0	0	1582	94,844	431	25,839	451	27,038	506	30,336	
60	60000	1354	2690	1767	1828	1826	0	0	1336	98,671	413	30,502	474	35,007	472	34,860	
65	55000	1120	2261	1509	1598	1554	0	0	1141	101,875	389	34,732	478	42,679	434	38,750	
70	50000	920	1880	1275	1379	1307	0	0	960	104,348	355	38,587	459	49,891	387	42,065	
75	47500	794	1639	1128	1243	1149	0	0	845	106,423	334	42,065	449	56,549	355	44,710	
80	45000	684	1423	993	1114	1005	0	0	739	108,041	309	45,175	430	62,865	321	46,930	
85	43500	604	1263	893	1018	898	0	0	659	109,106	289	47,848	414	68,543	294	48,675	
90	42000	532	1119	801	927	799	0	0	587	110,338	269	50,564	395	74,248	267	50,188	
95	39550	456	961	697	817	689	0	0	505	110,746	241	52,851	361	79,167	233	51,096	
100	37100	388	819	601	713	589	0	0	431	111,082	213	54,897	325	83,763	201	51,804	

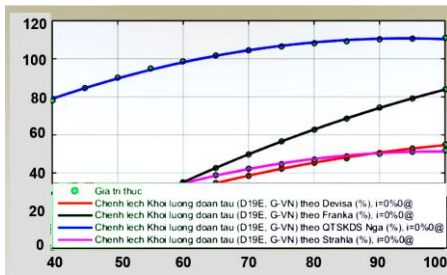
Bảng 6b. Kết quả tính toán mức độ thay đổi khối lượng kéo đoàn tàu hàng với đầu máy D19E và toa xe G-VN theo các biểu thức khác nhau của SCCBĐV toa xe ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 15$ ‰ so với QTSKĐSVN.

Tốc độ V, km/h	Sức kéo F_k, N	Khối lượng kéo đoàn tàu, tấn (độ dốc quy đổi $i_{qd} = 15$ ‰)						Sự thay đổi khối lượng kéo đoàn tàu so với QTSKĐSVN, ΔQ tấn (độ dốc quy đổi $i_{qd} = 15$ ‰)									
		QTSKĐS VN	QTSKĐS Nga	Theo Devisa	Theo Franka	Theo Strahlla	QTSKĐS VN	QTSKĐS Nga		Theo Devisa		Theo Franka		Theo Strahlla			
		tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%	tấn	%		
0	370000	2317	2282	2178	2078	2139	0	0	-35	-1,511	-139	-5,999	-239	-10,315	-178	-7,682	
5	355000	2190	2179	2077	1990	2048	0	0	-11	-0,502	-113	-5,160	-200	-9,132	-142	-6,484	
10	340000	2064	2076	1975	1901	1955	0	0	12	0,581	-89	-4,312	-163	-7,897	-109	-5,281	
15,6	221000	1290	1313	1247	1206	1239	0	0	23	1,783	-43	-3,333	-84	-6,512	-51	-3,953	
20	170000	959	986	935	908	931	0	0	27	2,815	-24	-2,503	-51	-5,318	-28	-2,920	
25	143000	780	810	767	748	766	0	0	30	3,846	-13	-1,667	-32	-4,103	-14	-1,795	
30	116000	606	636	602	589	602	0	0	30	4,950	-4	-0,660	-17	-2,805	-4	-0,660	
35	102000	512	544	514	506	515	0	0	32	6,250	2	0,391	-6	-1,172	3	0,586	
40	88000	422	453	427	422	429	0	0	31	7,346	5	1,185	0	0,01	7	1,659	
45	80500	370	402	379	376	381	0	0	32	8,649	9	2,432	6	1,622	11	2,973	
50	73000	321	352	331	330	333	0	0	31	9,657	10	3,115	9	2,804	12	3,738	
55	66500	278	308	290	290	291	0	0	30	10,791	12	4,317	12	4,317	13	4,676	
60	60000	236	265	249	250	250	0	0	29	12,288	13	5,508	14	5,932	14	5,932	
65	55000	203	231	217	219	218	0	0	28	13,793	14	6,897	16	7,882	15	7,389	
70	50000	172	197	185	188	186	0	0	25	14,535	13	7,558	16	9,302	14	8,140	
75	47500	154	178	167	170	168	0	0	24	15,584	13	8,442	16	10,390	14	9,091	
80	45000	136	160	149	153	150	0	0	24	17,647	13	9,559	17	12,500	14	10,294	
85	43500	124	147	137	141	137	0	0	23	18,548	13	10,484	17	13,710	13	10,484	
90	42000	112	134	125	129	125	0	0	22	19,643	13	11,607	17	15,179	13	11,607	
95	39550	96	116	109	113	108	0	0	20	20,833	13	13,542	17	17,708	12	12,500	
100	37100	81	99	92	96	92	0	0	18	22,222	11	13,580	15	18,519	11	13,580	

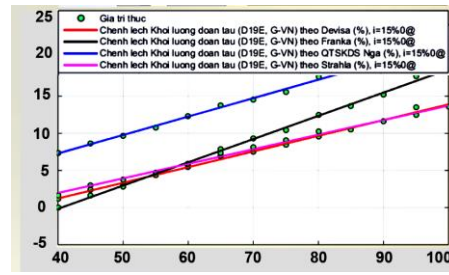
Từ kết quả tính toán trong bảng 6a, 6b xây dựng được một số biểu đồ về sự thay đổi khối lượng đoàn tàu tính theo trị số tuyệt đối (tấn) và theo tỷ lệ phần trăm (%). Biểu đồ thay đổi khối lượng đoàn tàu (tấn) trên độ dốc 0 ‰ và 15 ‰ ở một số tốc độ thể hiện trên hình 7. Biểu đồ thay đổi khối lượng đoàn tàu (%) trên độ dốc 0 ‰ và 15 ‰ ở dải tốc độ từ 40 – 100 km/h thể hiện trên hình 8.



a. Ở tốc độ 15,6 và 25 km/h, độ dốc 15⁰/₀₀ b. Ở tốc độ 50, 75 và 100 km/h, độ dốc 15⁰/₀₀
 Hình 7. Biểu đồ chênh lệch khối lượng đoàn tàu tính theo trị số tuyệt đối (đầu máy D19E, toa xe G-VN) khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình tổng quát khác nhau so với khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo QTSKĐSVN.



a. Độ dốc 0⁰/₀₀

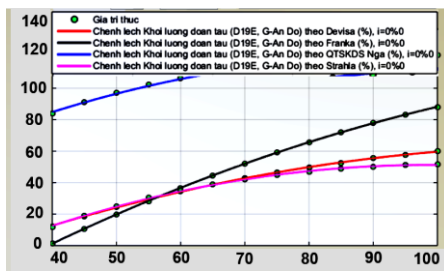


b. Độ dốc 15⁰/₀₀

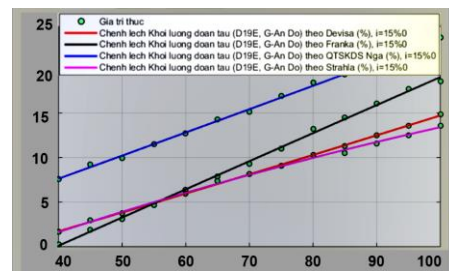
Hình 8. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe G-VN) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBĐV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.

4.2. Tính toán đoàn tàu hàng với các toa xe khác do đầu máy D19E kéo

Quá trình tính toán hoàn toàn tương tự như đối với toa xe G-VN. Kết quả tính toán mức độ chênh lệch khối lượng đoàn tàu tính theo % đối với các loại toa xe hàng G-Ấn Độ, G-Ru, G-TQ, G-VN mới, H-Ru, H-TQ thể hiện trên các hình 9-15.

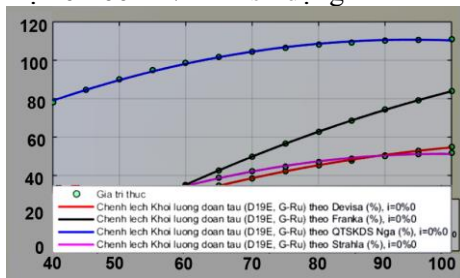


a. Độ dốc 0⁰/₀₀

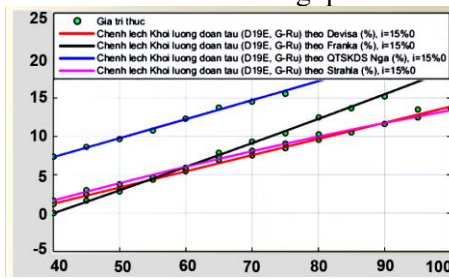


b. Độ dốc 15⁰/₀₀

Hình 9. Chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe G-Ấn Độ) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBĐV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.



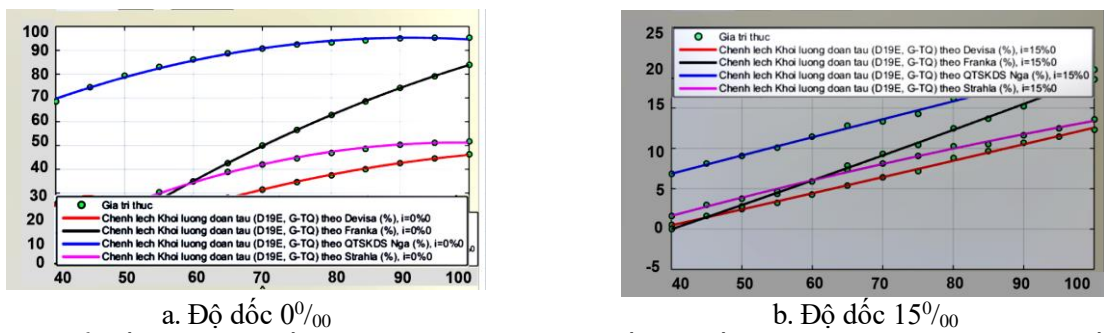
a. Độ dốc 0⁰/₀₀



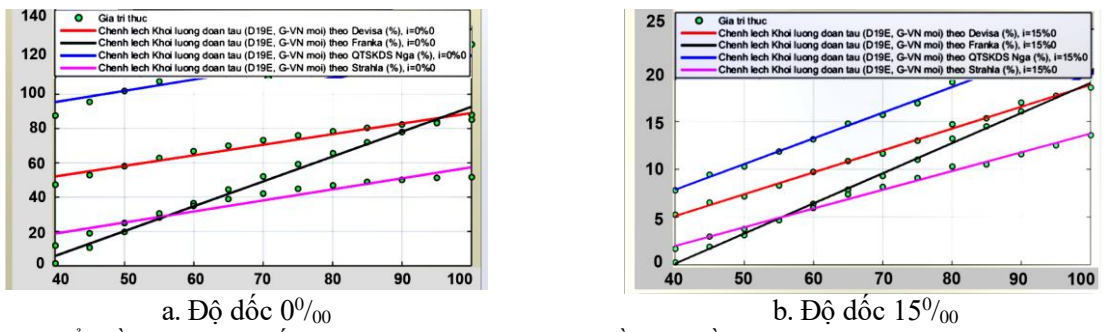
b. Độ dốc 15⁰/₀₀

Hình 10. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe G-Ru) ở

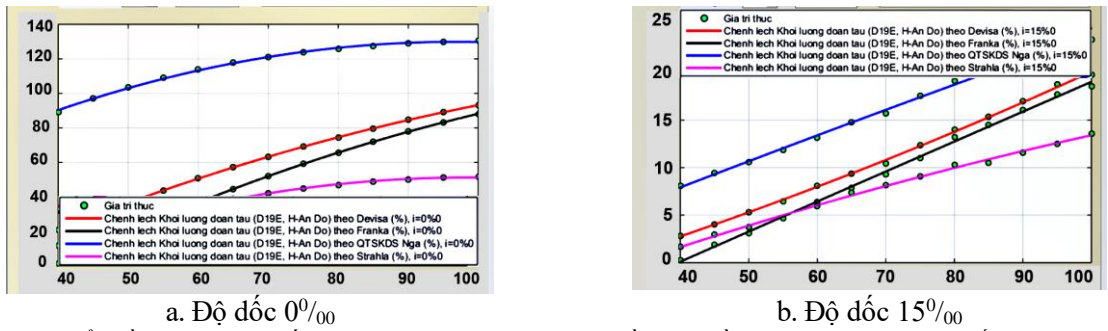
dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBDV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.



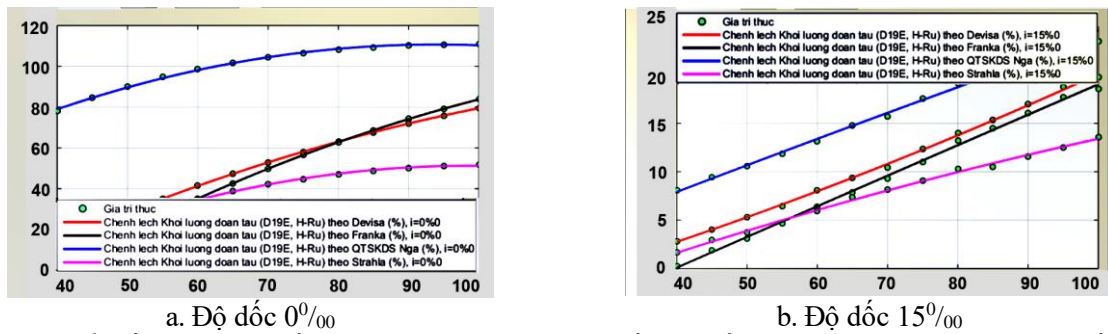
Hình 11. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe G-TQ) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBDV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.



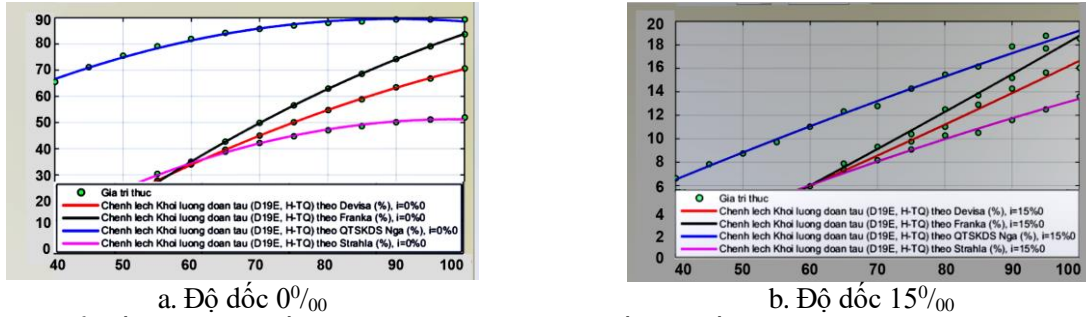
Hình 12. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe G-VN mới) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBDV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.



Hình 13. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe H-Ấn Độ) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBDV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.



Hình 14. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe H-Ru) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBDV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.



Hình 15. Biểu đồ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu hàng tính bằng % (đầu máy D19E, toa xe H-TQ) ở dải tốc độ 40-100 km/h khi sử dụng biểu thức SCCBĐV toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau.

4.3. Tổng hợp và phân tích một số kết quả tính toán

4.3.1. Chênh lệch khối lượng tính theo trị số tuyệt đối (tấn)

a. Ở dải tốc độ dưới 40 km/h trên độ dốc 15⁰/₀₀

a1. Ở tốc độ 15,6 km/h: Khối lượng đoàn tàu khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình khác nhau so với QTSKĐSVN chênh lệch nhau khá lớn, trong khoảng 23 - 84 tấn, trong đó nhỏ hơn so với QTSKĐS Nga là 23 tấn, nhưng lớn hơn so với các mô hình còn lại lần lượt là 43, 84 và 51 tấn (hình 7a).

a2. Ở tốc độ 25 km/h: Khối lượng đoàn tàu khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình khác nhau so với QTSKĐSVN chênh lệch nhau trong khoảng 13 - 32 tấn, trong đó nhỏ hơn so với QTSKĐS Nga là 30 tấn, nhưng lớn hơn so với các mô hình còn lại lần lượt là 13, 12 và 24 tấn (hình 7a).

b. Ở dải tốc độ 40 - 100 km/h trên độ dốc 15⁰/₀₀

b1. Ở tốc độ 50 km/h: Khối lượng đoàn tàu khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình khác nhau so với QTSKĐSVN đều lớn hơn trong khoảng 9 - 31 tấn (hình 7b).

b2. Ở tốc độ 75 km/h: Khối lượng đoàn tàu khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình khác nhau so với QTSKĐSVN đều lớn hơn trong khoảng 13 - 24 tấn (hình 7b).

b3. Ở tốc độ 100 km/h: Khối lượng đoàn tàu khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình khác nhau so với QTSKĐSVN đều lớn hơn trong khoảng 11 - 18 tấn (hình 7b).

4.3.2. Chênh lệch khối lượng tính theo trị số tương đối (%) ở dải tốc độ 40 - 100 km/h

Trong quá trình khai thác trên ĐSVN, tốc độ kỹ thuật của tàu hàng luôn lớn hơn 40 km/h, do đó dưới đây xem xét mức độ chênh lệch khối lượng tương đối (%) khi sử dụng biểu thức SCCBĐV theo các mô hình khác nhau so với QTSKĐSVN ở tất cả các dải tốc độ trên độ dốc 0⁰/₀₀ và 15⁰/₀₀. Cụ thể như sau:

- Tỷ lệ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu ở độ dốc 0‰ (tức là giả thiết rằng đoàn tàu chỉ chạy trên đường thẳng và bằng phẳng) so với QTSKĐSVN là rất lớn, trong khoảng từ 50% đến 130%, thể hiện trên các hình 8a, 9a, 10a, 11a, 12a, 13a, 14a và 15a;
- Tỷ lệ chênh lệch khối lượng kéo đoàn tàu ở độ dốc 15‰ (tức là giả thiết rằng đoàn tàu chỉ chạy trên độ dốc 15‰) so với QTSKĐSVN là trong khoảng từ 15% đến 30%, thể hiện trên các hình 8b, 9b, 10b, 11b, 12b, 13b, 14b và 15b.

Như vậy, nếu sử dụng các biểu thức SCCBĐV của toa xe theo các mô hình tổng quát khác nhau thì khối lượng kéo đoàn tàu đều lớn hơn so với khi sử dụng biểu thức SCCBĐV toa xe theo QTSKĐSVN.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng hợp, phân tích, và xác định được các biểu thức SCCBĐV cho các loại toa xe hàng sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam theo các mô hình tổng quát khác nhau. Đã xác định được mức độ thay đổi khối lượng kéo đoàn tàu kể cả giá trị tuyệt đối và tương đối khi sử dụng các biểu thức SCCBĐV theo các mô hình tổng quát khác nhau, trong đó nếu sử dụng biểu thức theo QTSKĐSVN thì khối lượng đoàn tàu đều nhỏ hơn so với các mô hình khác ở dải tốc độ từ 40 km/h trở lên, điều này sẽ ảnh hưởng đáng kể đến năng lực vận chuyển của ngành đường sắt. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc đề xuất một số giải pháp xây dựng lại Quy trình sức kéo cho đường sắt Việt Nam. Theo quan điểm của tác giả, nên lựa chọn mô hình của QTSKĐS Nga, vì khối lượng đoàn tàu là lớn nhất so với các mô hình khác. Tuy nhiên, đây là vấn đề không đơn giản, vì vậy cần được tiếp tục nghiên cứu, thảo luận thông qua các Hội thảo chuyên ngành với sự phối hợp của các cơ quan liên quan để có thể đưa ra lựa chọn sử dụng các biểu thức SCCBĐV toa xe hàng một cách hợp lý, tiến tới đề xuất các cơ quan có thẩm quyền quyết định và phê duyệt. Vấn đề đánh giá ảnh hưởng của SCCBĐV toa xe khách đến khối lượng kéo đoàn tàu sẽ được trình bày trong các nghiên cứu tiếp theo.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải (ĐH GTVT) trong đề tài mã số T2023-CK-011.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đỗ Đức Tuấn, Vũ Văn Hiệp, Cơ sở lựa chọn các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 71 (2020) 305-316. <https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.14>
- [2]. Nguyễn Văn Chuyên, Sức kéo đoàn tàu, Trường đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, (2001).
- [3]. Đỗ Đức Tuấn, Nghiệp vụ đầu máy, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, (2004).
- [4]. Đỗ Đức Tuấn, Vũ Duy Lộc, Đỗ Việt Dũng, Nghiệp vụ đầu máy, toa xe, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội, (2013).
- [5]. Bộ Giao thông vận tải, Quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu đường sắt, Hà Nội, (1985).
- [6]. Астахов П. Н., Гребенюк П. Т., Скорцова А. И., Справочник по тяговым расчётам, “Транспорт”, Москва, (1973).
- [7]. Бабичков А. М., Гурский П. А., Новиков А. П., Тяга поездов и тяговые расчёты, “Транспорт”, Москва, (1971).
- [8]. Кузмич В. Д., Руднев В. С., Френкель С. Я., Теория локомотивной тяги, “Маршрут”, Москва, (2005).
- [9]. Руднев В. С. Маношин А. В., Тяговые расчёты для магистрального транспорта, МИИТ, Москва, (2009).
- [10]. Lại Ngọc Đường, Sức kéo đoàn tàu và tính toán sức kéo, Trường đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, (1985).
- [11]. B. Gajda, Zarys techniki ruchu Kolejowego, Warszawa, (1972).
- [12]. Jery Mareinkowski, Wstzyp do teorit ruchu pojazdu Szynowego zagadnienia trake jne i dynamiezne, Wroclaw (1973).
- [13]. Jerzy Gruszezyuski, Ekspoaiacja pojazdow trakcyjnych, Warszawa, (1975).
- [14]. H. Sobolewski, Trackeja elektryezna, Spalinowa i parowa wpw spalinowe od oporow, Warszawa, (1963).
- [15]. W. Wyrzykowski, Ruch Kolejowy, Warszawa, (1966).