



BASIS OF SELECTING CALCULATION FORMULAS OF UNIT FUNDAMENTAL RESISTANCE FOR DIESEL LOCOMOTIVES USED IN VIETNAM RAILWAYS

Do Duc Tuan^{1*}, Vu Văn Hiep²

¹University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²University of Transport Technology, No 54 Trieu Khuc Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 27/2/2020

Revised: 19/4/2020

Accepted: 19/4/2020

Published online: 24/4/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.14>

* *Corresponding author*

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

Abstract. In the railway industry, in order to calculate traction and determine the mass of a train, it is necessary to determine forces acting on the train during its operation, including fundamental resistance of rolling stock. The fundamental resistance is determined by unit fundamental resistance. The unit fundamental resistance is calculated by experimental formulas and applied to specific rolling stock. Until now, in Vietnam Railways, there is no test condition to determine calculation formulas of unit fundamental resistance for rolling stock. Therefore, the traction calculation is based on foreign experimental formulas which are quite diverse and different. Furthermore, the usages of the formulas in calculation are not unified, do not really have a scientific basis. Therefore, the article content is to synthesize, analyze and unify general models of unit fundamental resistance for locomotives, thereby determining calculation formulas of unit fundamental resistance for specific locomotives, that is the basis for proposing the calculation formula selection of unit fundamental resistance for diesel locomotives used in Vietnam Railways.

Keywords: unit fundamental resistance, diesel locomotive, Vietnam Railways, traction calculation, train mass determination.

© 2020 University of Transport and Communications



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

Đỗ Đức Tuấn^{1*}, Vũ Văn Hiệp²

¹ Trường Đại học Giao thông vận tải, số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

² Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, số 54 Triều Khúc, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 27/2/2020

Ngày nhận bài sửa: 19/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2020

Ngày xuất bản Online: 24/4/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.14>

* 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 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; đồng thời việc sử dụng các biểu thức đó trong quá trình tính toán chưa có sự thống nhất, chưa thực sự có cơ sở về mặt khoa học. Vì vậy, nội dung bài báo này là tổng hợp, phân tích, thống nhất hóa các mô hình tổng quát về sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy, từ đó xác định các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cụ thể cho các loại đầu máy, làm cơ sở cho việc đề xuất lựa chọn các biểu thức tính toán *sức cản cơ bản đơn vị cho đầu máy diesel* sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam.

Từ khóa: sức cản cơ bản đơn vị, đầu máy diesel, đường sắt Việt Nam, tính toán sức kéo, xác định khối lượng đoàn tàu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để tính toán sức kéo, xác định khối lượng 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 đoàn tàu trên tuyến cũng như các thông số khác. Cho đến nay vẫn chưa có nghiên cứu nào đề cập tới việc hệ thống hóa và thống nhất hóa nhằm lựa chọn các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho đầu máy, toa xe sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam.

Vì vậy, nội dung bài viết này là tổng hợp, phân tích, thống nhất hóa các mô hình sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy, làm cơ sở cho việc đề xuất lựa chọn các biểu thức tính toán *sức cản cơ bản đơn vị cho đầu máy diesel* sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam.

2. CÁC MÔ HÌNH TỔNG QUÁT TÍNH TOÁN SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ CỦA ĐẦU MÁY DIESEL

Sau khi nghiên cứu nhiều nguồn tài liệu khác nhau [1 ÷ 14] và tổng hợp lại, thấy rằng, các biểu thức tính toán sức cản cơ bản của đầu máy và 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 đầu máy, toa xe [1 ÷ 9] và nhóm thứ hai là các mô hình tổng quát [2 ÷ 5, 10 ÷ 14], từ đó có thể thiết lập các biểu thức cụ thể cho từng kiểu loại đầu máy, toa xe. Trước hết, trong bài viết này *chỉ trình bày các mô hình tổng quát về sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy*. Tổng hợp từ [2 ÷ 5, 10 ÷ 14], thấy rằng có bốn dạng mô hình tổng quát tính toán sức cản cơ bản đơn vị của *đầu máy diesel* như sau.

2.1. Mô hình tổng quát của đường sắt Châu Âu [2 ÷ 4, 10 ÷ 14]

$$\omega_0 = 0,637 + \frac{127,5}{q} + 0,098 \frac{V}{10} + \frac{CA}{nq} \left(\frac{V}{10} \right)^2, \text{ N/kN} \quad (1)$$

2.2. Mô hình tổng quát trong Quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu đường sắt (QTSK 1985) [5]

$$\omega_0 = 0,65 + \frac{13,2}{0,1q} + 0,00931V + \frac{0,00453V^2S}{0,1P}, \text{ N/kN} \quad (2)$$

2.3. Mô hình tổng quát của Langrod [2, 10 ÷ 14]

$$\omega_0 = 0,65 + \frac{13}{0,1q} + 0,1 \frac{V}{10} + \frac{CA}{0,1nq} \left(\frac{V}{10} \right)^2, \text{ N/kN} \quad (3)$$

2.4. Mô hình tổng quát của Devisa [2,10 ÷ 14]

$$\omega_0 = 0,65 + \frac{13,1}{0,1q} + 0,028V + \frac{0,0048V^2S}{0,1qn}, \text{ N/kN} \quad (4)$$

trong các biểu thức trên đây:

V - tốc độ của đầu máy, km/h;

q - tải trọng trục của đầu máy, kN;

P - trọng lượng của đầu máy, kN;

n - số trục của đầu máy;

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

$CA = 49$ - hệ số khi mặt đầu (ca bin) đầu máy có dạng không thon;

$CA = 24,5$ - hệ số khi mặt đầu (ca bin) đầu máy có dạng thon.

Từ bốn mô hình tổng quát nêu trên, có thể rút ra những nhận xét sau đây:

Tất cả các mô hình này 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.

Trong tất cả các mô hình đều có mặt biến số tốc độ bậc nhất V và bậc hai V^2 ; tải trọng trục q của đầu máy và dạng lưu tuyến của đầu máy. Sự khác biệt cơ bản là ở chỗ, trong các mô hình (1) và (3) thì dạng lưu tuyến của đầu máy được xác định thông qua các hệ số CA , còn trong các mô hình (2) và (4) nó được xác định trực tiếp từ diện tích mặt cắt ngang của mặt đầu đầu máy (S). *Điều đáng lưu ý là, trong các mô hình tổng quát này không thấy đề cập tới yếu tố khổ đường ray và kiểu loại truyền động của đầu máy.*

Từ các mô hình tổng quát, có thể xây dựng các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy dưới dạng $\omega_0 = A + BV + CV^2$.

3. XÁC ĐỊNH CÁC BIỂU THỨC TÍNH TOÁN VÀ XÂY DỰNG CÁC ĐƯỜNG CONG SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ CHO CÁC LOẠI ĐẦU MÁY DIESEL TRONG NGÀNH ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM THEO CÁC MÔ HÌNH TỔNG QUÁT

3.1. Xác định các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho các loại đầu máy diesel trong ngành đường sắt Việt Nam theo các mô hình tổng quát

Từ các mô hình tổng quát trên đây, tiến hành xác định các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho các loại đầu máy diesel đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam trên cơ sở căn cứ vào các thông số kỹ thuật cụ thể của chúng [3,4]. Kết quả được thể hiện trong các bảng 1, 2.

Các thông số trong các bảng 1 và 2:

P_0 - khối lượng chính bị của đầu máy, tấn;

$P = P_0.g$ - trọng lượng của đầu máy, kN;

q_0 - khối lượng trục của đầu máy, tấn;

q - tải trọng trục của đầu máy, kN;

n - số trục của đầu máy;

D, R, C - chiều dài, chiều rộng và chiều cao của đầu máy, m;

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

Bảng 1. Biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy diesel trong ngành đường sắt Việt Nam thiết lập theo biểu thức tổng quát của Đường sắt Châu Âu và của Langrod.
Đường sắt Châu Âu: CA=49; Langrod: CA=5

Đầu máy	Thông số kỹ thuật của đầu máy					Biểu thức sức cản cơ bản đơn vị, N/kN $\omega_0 = A + BV + CV^2$	
	P_0 , t	n	q_0 , t	q , kN	CA	Theo Đường sắt Châu Âu	Theo Langrod
D5H	40	4	10	100	49/5	$\omega_0 = 1,912 + 0,0098V + 0,00123V^2$	$\omega_0 = 1,95 + 0,01V + 0,00125V^2$
D9E	54,5	4	13,6	136	49/5	$\omega_0 = 1,575 + 0,0098V + 0,0009V^2$	$\omega_0 = 1,606 + 0,01V + 0,000919V^2$
D10H	58	4	14,5	145	49/5	$\omega_0 = 1,563 + 0,0098V + 0,000845V^2$	$\omega_0 = 1,547 + 0,01V + 0,000852V^2$
D11H	56	4	14	140	49/5	$\omega_0 = 1,548 + 0,0098V + 0,000875V^2$	$\omega_0 = 1,579 + 0,01V + 0,000893V^2$
D12E	56	4	14	140	49/5	$\omega_0 = 1,548 + 0,0098V + 0,000875V^2$	$\omega_0 = 1,579 + 0,01V + 0,000893V^2$
D13E	72	6	12	120	49/5	$\omega_0 = 1,70 + 0,0098V + 0,00068V^2$	$\omega_0 = 1,733 + 0,01V + 0,000694V^2$
D14ER	105	6	17,5	175	49/5	$\omega_0 = 1,366 + 0,0098V + 0,000467V^2$	$\omega_0 = 1,393 + 0,01V + 0,000476V^2$
D18E	84	6	14	140	49/5	$\omega_0 = 1,548 + 0,0098V + 0,000583V^2$	$\omega_0 = 1,579 + 0,01V + 0,000595V^2$
D19E	81	6	13,5	135	49/5	$\omega_0 = 1,581 + 0,0098V + 0,0006V^2$	$\omega_0 = 1,613 + 0,01V + 0,000617V^2$
D20E	81	6	13,5	135	49/5	$\omega_0 = 1,581 + 0,0098V + 0,0006V^2$	$\omega_0 = 1,613 + 0,01V + 0,000617V^2$
D19ER	108	6	18	180	49/5	$\omega_0 = 1,345 + 0,0098V + 0,000454V^2$	$\omega_0 = 1,372 + 0,01V + 0,000463V^2$

Qua đây thấy rằng, khi sử dụng mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu và của Langrod thì biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D11H và D12E là hoàn toàn giống nhau, của đầu máy D19E và D20E cũng hoàn toàn giống nhau.

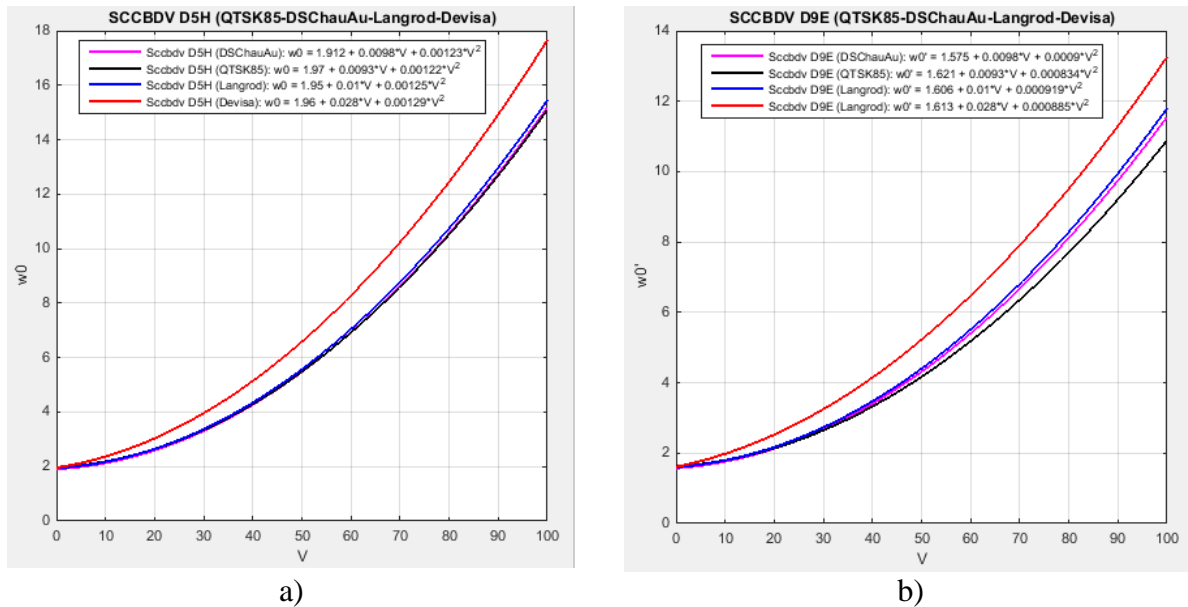
Bảng 2. Biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy diesel trong ngành đường sắt Việt Nam thiết lập theo biểu thức tổng quát của QTSK 1985 và của Devisa.

Đầu máy	Thông số kỹ thuật của đầu máy								Biểu thức sức cản cơ bản đơn vị, N/kN $\omega_0 = A + BV + CV^2$	
	P_0 , t	n	q_0 , t	q , kN	D , m	R , m	C , m	S , m ²	Theo QTSK 1985	Theo Devisa
D5H	40	4	10	100	10,06	2,82	3,825	10,787	$\omega_0 = 1,97 + 0,00931V + 0,000122V^2$	$\omega_0 = 1,96 + 0,028V + 0,00129V^2$
D9E	54,5	4	13,6	136	9,144	2,743	3,658	10,034	$\omega_0 = 1,621 + 0,00931V + 0,000834V^2$	$\omega_0 = 1,613 + 0,028V + 0,000885V^2$
D10H	58	4	14,5	145	12,676	3,046	3,793	11,553	$\omega_0 = 1,56 + 0,00931V + 0,000902V^2$	$\omega_0 = 1,53 + 0,028V + 0,000956V^2$
D11H	56	4	14	140	14,006	2,870	3,608	10,355	$\omega_0 = 1,593 + 0,00931V + 0,000838V^2$	$\omega_0 = 1,586 + 0,028V + 0,000888V^2$
D12E	56	4	14	140	13,306	2,754	3,854	10,614	$\omega_0 = 1,593 + 0,00931V + 0,000859V^2$	$\omega_0 = 1,586 + 0,028V + 0,00091V^2$
D13E	72	6	12	120	14,476	2,730	3,635	9,927	$\omega_0 = 1,75 + 0,00931V + 0,000625V^2$	$\omega_0 = 1,742 + 0,028V + 0,000662V^2$
D14ER	105	6	17,5	175	17,3	3,25	4,764	15,483	$\omega_0 = 1,404 + 0,00931V + 0,000668V^2$	$\omega_0 = 1,399 + 0,028V + 0,000708V^2$
D18E	84	6	14	140	15,50	2,800	3,800	10,64	$\omega_0 = 1,593 + 0,00931V + 0,000574V^2$	$\omega_0 = 1,586 + 0,028V + 0,000608V^2$
D19E	81	6	13,5	135	16,892	2,90	3,900	11,31	$\omega_0 = 1,623 + 0,00931V + 0,000633V^2$	$\omega_0 = 1,62 + 0,028V + 0,00067V^2$
D20E	81	6	13,5	135	19,18	2,82	3,945	11,125	$\omega_0 = 1,593 + 0,00931V + 0,0006221V^2$	$\omega_0 = 1,62 + 0,028V + 0,000659V^2$
D19ER	108	6	18	180	18,111	4,536	3,337	15,137	$\omega_0 = 1,383 + 0,00931V + 0,000635V^2$	$\omega_0 = 1,378 + 0,028V + 0,000673V^2$

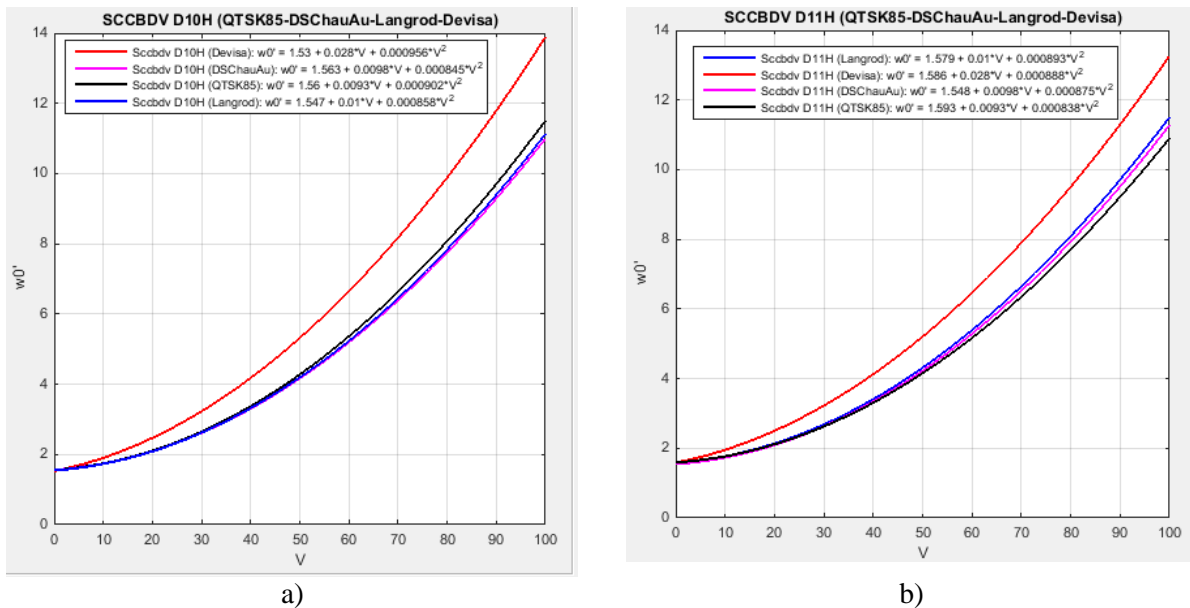
Qua đây thấy rằng, khi sử dụng mô hình tổng quát của QTSK 1985 và của Devisa thì biểu thức sức cản cơ bản đơn vị của các loại đầu máy là khác biệt nhau.

3.2. Xây dựng biểu đồ đường cong sức cản cơ bản đơn vị cho các loại đầu máy diesel trong ngành đường sắt Việt Nam

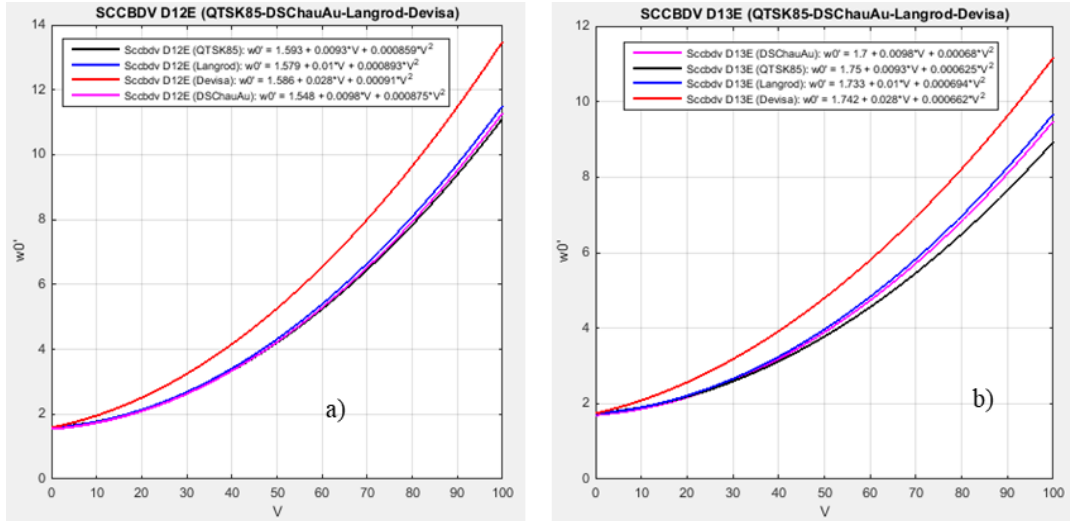
Từ các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị của các loại đầu máy (bảng 1, 2) tiến hành xây dựng biểu đồ các đường cong sức cản cơ bản đơn vị tương ứng, thể hiện trên các hình 1 ÷ 6.



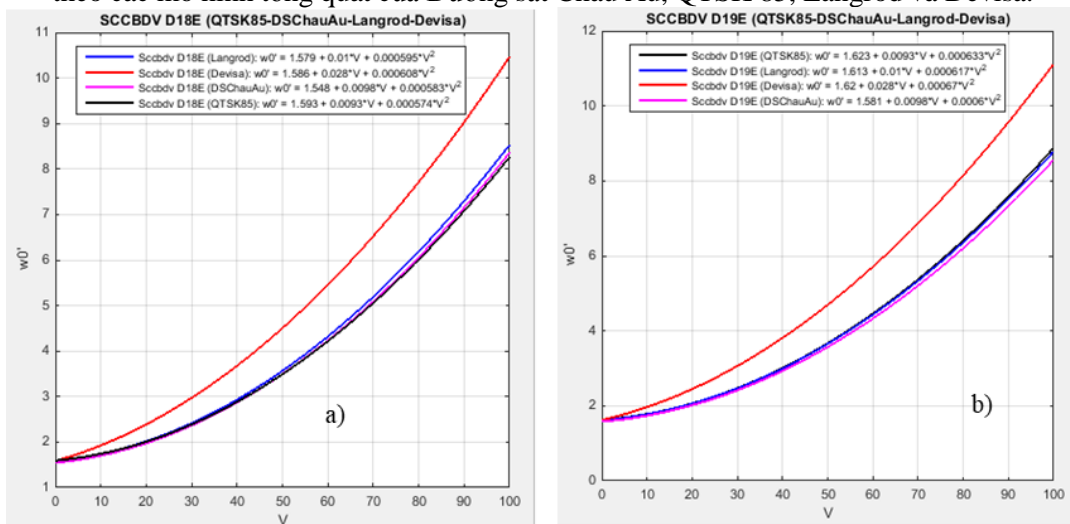
Hình 1. Đồ thị đường cong sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D5H (a) và D9E (b) theo các mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85, Langrod và Devisa.



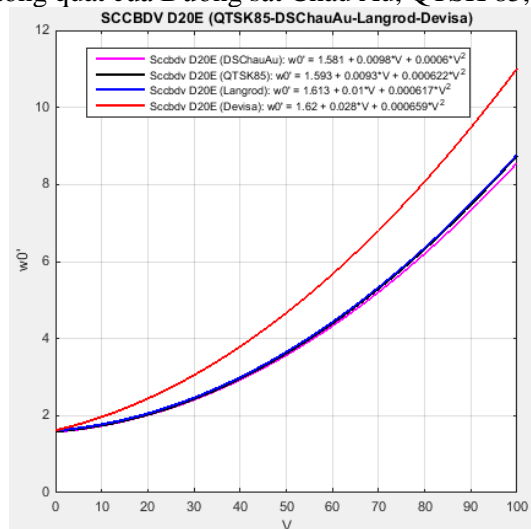
Hình 2. Đồ thị đường cong sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D10H (a) và D11H (b) theo các mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85, Langrod và Devisa.



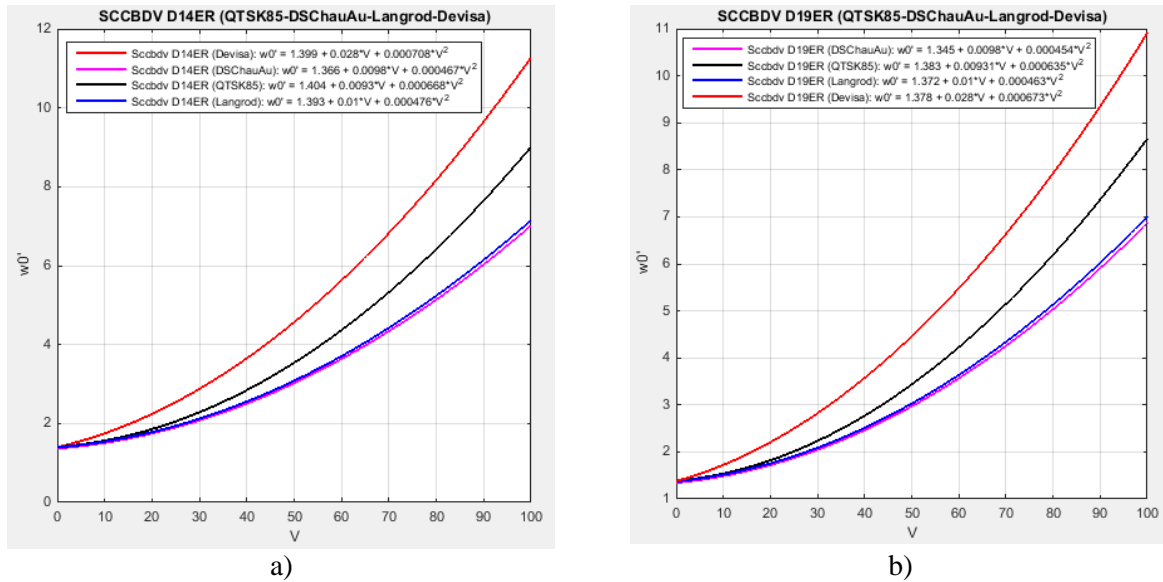
Hình 3. Đồ thị đường cong sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D12E (a) và D13E (b) theo các mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85, Langrod và Devisa.



Hình 4. Đồ thị đường cong sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D18E (a) và D19E (b) theo các mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85, Langrod và Devisa.



Hình 5. Đồ thị đường cong sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D20E theo các mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85, Langrod và Devisa.



Hình 6. Đồ thị đường cong sức cản cơ bản đơn vị của đầu máy D14ER (a), D19ER (b) theo các mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85, Langrod và Devisa.

Qua biểu đồ trên các hình 1 ÷ 6 thấy rằng, các đường cong sức cản cơ bản đơn vị của các loại đầu máy khổ đường 1.000 mm (D5H, D9E, D10H, D11H, D12E, D13E, D18E, D19E và D20E) xác định theo mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu, QTSK 85 và Langrod là hầu như trùng khớp với nhau. Riêng các đường cong sức cản cơ bản đơn vị xác định theo mô hình tổng quát của Devisa là có khác biệt một cách đáng kể so với ba mô hình kia, cụ thể, trị số sức cản cơ bản đơn vị ở cùng một tốc độ là lớn hơn. Vì vậy có thể coi đây là mô hình bất lợi hơn. Riêng đối với hai loại đầu máy khổ đường 1.435 mm là D14ER và D19ER thì các đường cong sức cản cơ bản đơn vị xác định theo mô hình tổng quát của Đường sắt Châu Âu và Langrod là hầu như trùng khớp với nhau, còn khi xác định hình tổng quát của QTSK 85 và của Devisa là có khác biệt một cách đáng kể.

4. ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ KHÁC BIỆT VỀ KHỐI LƯỢNG ĐOÀN TÀU KHI SỬ DỤNG CÁC BIỂU THỨC SỨC CẢN CƠ BẢN ĐƠN VỊ KHÁC NHAU

Vấn đề đặt ra là, nếu sử dụng các biểu thức tính toán sức cản cơ bản của đầu máy theo các mô hình khác nhau thì sẽ ảnh hưởng như thế nào đến khối lượng của đoàn tàu. Do số lượng đầu máy khổ đường 1.435 mm (D14ER và D19ER) trong ngành đường sắt Việt Nam là không lớn, cho nên trước hết ở đây chỉ xem xét đối với các loại đầu máy khổ đường 1.000 mm. Mặt khác, ở đây chọn hai mô hình là mô hình của Langrod đại diện cho nhóm mô hình đường sắt Châu Âu, QTSK 1985 và Langrod, và mô hình của Devisa để tính toán.

4.1. Xác định khối lượng đoàn tàu khi sử dụng các biểu thức của Langrod và Devisa

Lựa chọn một loại toa xe cụ thể là toa xe hàng loại G, 4 trục, ổ lăn có tự trọng $q_{tu} = 18$ tấn; tải trọng $q_{tai} = 35$ tấn; tổng trọng $q_{tong} = 53$ tấn; sức cản cơ bản đơn vị là $\omega_0'' = 0,7 + 0,04V + 0,00032V^2$, N/kN.

Tiến hành tính toán khối lượng kéo cho tất cả các loại đầu máy khổ đường 1.000 mm (D5H, D9E, D10H, D11H, D12E, D13E, D18E, D19E và D20E) ở tất cả các dải tốc độ theo các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị thiết lập theo mô hình của Langrod và Devisa.

Ở đây đơn cử giới thiệu kết quả tính toán cụ thể đối với đầu máy D19E, có khối lượng chính bị $P_{dm} = 81$ tấn, được thể hiện trong bảng 3. Các đầu máy còn lại được tính toán hoàn toàn tương tự như đầu máy D19E.

Bảng 3. Kết quả tính toán khối lượng đoàn tàu của đầu máy D19E khi sử dụng công thức sức cản cơ bản đơn vị đầu máy theo Langrod và Devisa ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 ‰$ và $i_{qd} = 15 ‰$.

Sức cản cơ bản đơn vị (Theo Langrod): $\omega_0' = 1,613 + 0,01V + 0,000617V^2$, N/kN								
Sức cản cơ bản đơn vị (Theo Devisa): $\omega_0' = 1,62 + 0,028V + 0,00067V^2$, N/kN								
Khối lượng đoàn tàu: $Q = \frac{F_k - P_{dm} (\omega_0' + i_{qd}) g}{(\omega_0'' + i_{qd}) g}$, tấn								
Tốc độ V, km/h	Sức kéo F_k , N	Sức cản cơ bản đơn vị toa xe ω_0'' , N/kN	Theo Langrod			Theo Devisa		
			Sức cản cơ bản đơn vị đầu máy ω_0' , N/kN	Khối lượng đoàn tàu, tấn		Sức cản cơ bản đơn vị đầu máy ω_0' , N/kN	Khối lượng 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 $i_{qd} = 15 ‰$
0	370.000	0,700	1,613	53.694	2.317	1,620	53.693	2.317
5	355.000	0,908	1,678	39.704	2.190	1,777	39.696	2.189
10	340.000	1,132	1,775	30.490	2.064	1,967	30.476	2.063
15,6	221.000	1,402	1,919	15.959	1.290	2,220	15.942	1.288
20	170.000	1,628	2,060	10.542	959	2,448	10.523	957
25	143.000	1,900	2,249	7.576	780	2,739	7.555	778
30	116.000	2,188	2,468	5.313	606	3,063	5.291	603
35	102.000	2,492	2,719	4.084	512	3,421	4.061	509
40	88.000	2,812	3,000	3.104	422	3,812	3.080	418
45	80.500	3,148	3,312	2.521	370	4,237	2.498	366
50	73.000	3,500	3,656	2.042	321	4,695	2.017	316
55	66.500	3,868	4,029	1.668	278	5,187	1.644	273
60	60.000	4,252	4,434	1.354	236	5,712	1.330	231
65	55.000	4,652	4,870	1.120	203	6,271	1.096	198
70	50.000	5,068	5,336	920	172	6,863	896	166
75	47.500	5,500	5,834	794	154	7,489	770	147
80	45.000	5,948	6,362	685	136	8,148	660	129
85	43.500	6,412	6,921	604	124	8,841	580	117
90	42.000	6,892	7,511	533	112	9,567	509	105
95	39.550	7,388	8,131	457	96	10,327	432	88
100	37.100	7,900	8,783	389	81	11,120	365	73

4.2. Xác định mức độ suy giảm khối lượng đoàn tàu khi sử dụng các biểu thức của Langrod và Devisa

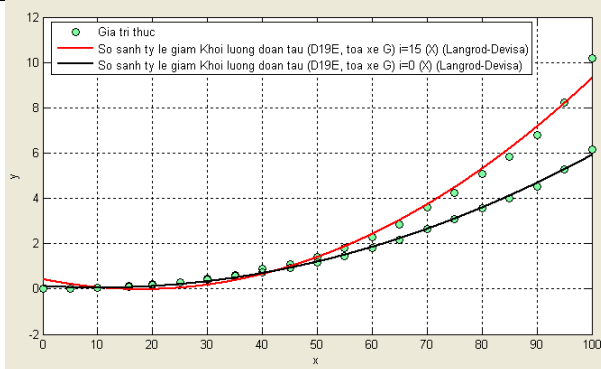
Sau khi tính toán khối lượng đoàn tàu ở các dải tốc độ và ở các độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 ‰$ và $i_{qd} = 15 ‰$ cho từng loại đầu máy đối với một loại toa xe hàng cụ thể, tiến hành tính toán độ giảm khối lượng kéo kể cả về mặt trị số và về mặt tỷ lệ % khi sử dụng các biểu thức sức cản cơ bản đơn của đầu máy theo các mô hình khác nhau, cụ thể là các mô hình của Langrod và Devisa. Kết quả tính toán với đầu máy D19E thể hiện trong bảng 4 và trên hình 3a. Mức độ suy giảm khối lượng kéo về mặt tỷ lệ của các loại đầu máy khổ đường 1.000 mm còn lại cũng được tính toán tương tự như đầu máy D19E và thể hiện bằng đồ thị trên các hình 7 ÷ 10.

Bảng 4. Kết quả tính toán độ giảm khối lượng đoàn tàu của đầu máy D19E khi sử dụng công thức sức cản cơ bản đơn vị đầu máy theo Langrod và Devisa ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 ‰$ và $i_{qd} = 15 ‰$.

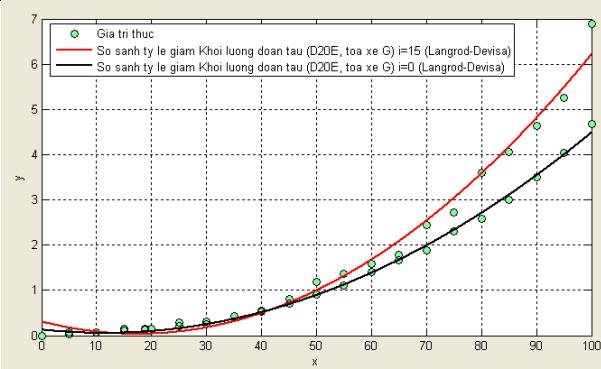
Sức cản cơ bản đơn vị (Theo Langrod): $\omega_0' = 1,613 + 0,01V + 0,000617V^2$, N/kN
 Sức cản cơ bản đơn vị (Theo Devisa): $\omega_0' = 1,62 + 0,028V + 0,00067V^2$, N/kN

Khối lượng đoàn tàu: $Q = \frac{F_k - P_{dm}(\omega_0' + i_{qd})g}{(\omega_0'' + i_{qd})g}$, tấn

Tốc độ V, km/h	Sức kéo F_k , N	Độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 ‰$				Độ dốc quy đổi $i_{qd} = 15 ‰$			
		Khối lượng đoàn tàu, tấn		Độ giảm khối lượng ΔQ		Khối lượng đoàn tàu, tấn		Độ giảm khối lượng ΔQ , t	
		Theo Langrod	Theo Devisa	tấn	%	Theo Langrod	Theo Devisa	tấn	%
0	370.000	53.694	53.693	1	0,00	2.317	2.317	0	0,00
5	355.000	39.704	39.696	8	0,02	2.190	2.189	1	0,05
10	340.000	30.490	30.476	14	0,05	2.064	2.063	1	0,05
15.6	221.000	15.959	15.942	17	0,11	1.290	1.288	2	0,16
20	170.000	10.542	10.523	19	0,18	959	957	2	0,21
25	143.000	7.576	7.555	21	0,28	780	778	2	0,26
30	116.000	5.313	5.291	22	0,41	606	603	3	0,50
35	102.000	4.084	4.061	23	0,56	512	509	3	0,59
40	88.000	3.104	3.080	24	0,77	422	418	4	0,95
45	80.500	2.521	2.498	23	0,91	370	366	4	1,08
50	73.000	2.042	2.017	25	1,22	321	316	5	1,56
55	66.500	1.668	1.644	24	1,44	278	273	5	1,80
60	60.000	1.354	1.330	24	1,77	236	231	5	2,12
65	55.000	1.120	1.096	24	2,14	203	198	5	2,46
70	50.000	920	896	24	2,61	172	166	6	3,49
75	47.500	794	770	24	3,02	154	147	7	4,55
80	45.000	685	660	25	3,65	136	129	7	5,15
85	43.500	604	580	24	3,97	124	117	7	5,65
90	42.000	533	509	24	4,50	112	105	7	6,25
95	39.550	457	432	25	5,47	96	88	8	8,33
100	37.100	389	365	24	6,17	81	73	8	9,88

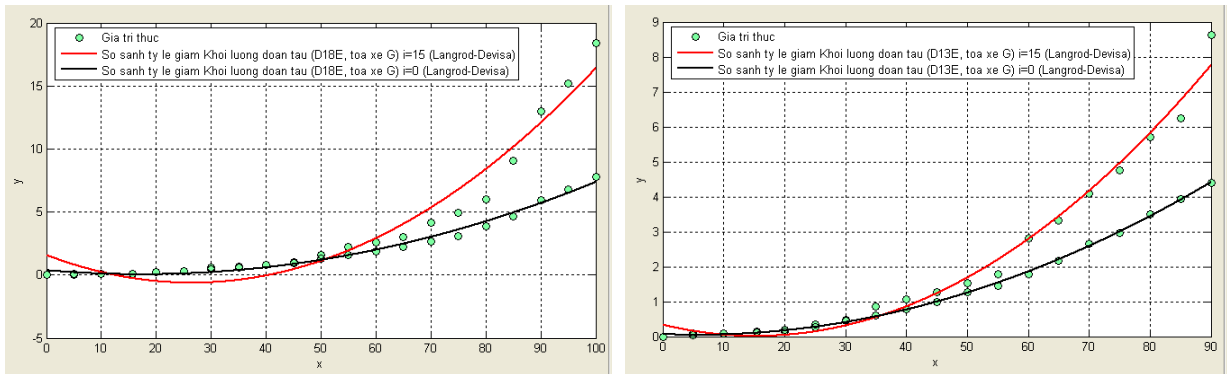


a)



b)

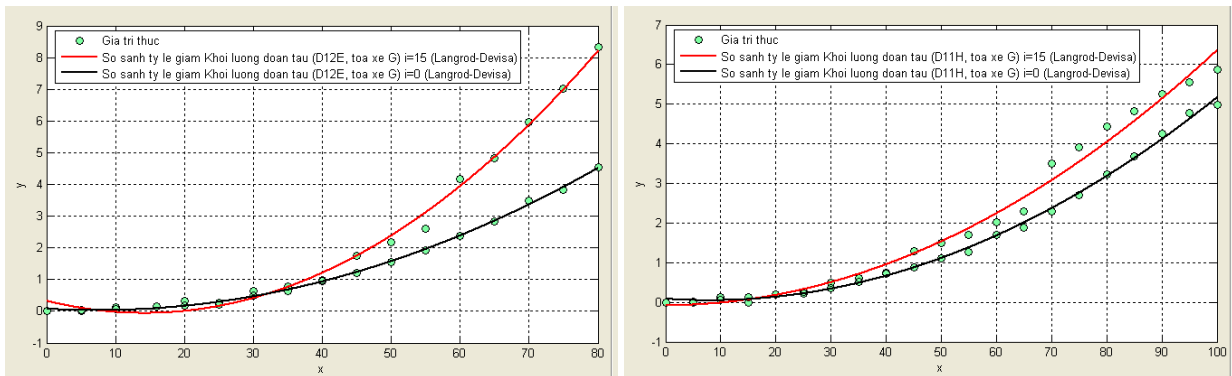
Hình 7. Biểu đồ so sánh tỷ lệ giảm khối lượng đoàn tàu của đầu máy D19E (a) và đầu máy D20E (b) khi sử dụng công thức sức cản cơ bản đơn vị đầu máy theo Langrod và Devisa ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 ‰$ và $i_{qd} = 15 ‰$.



a)

b)

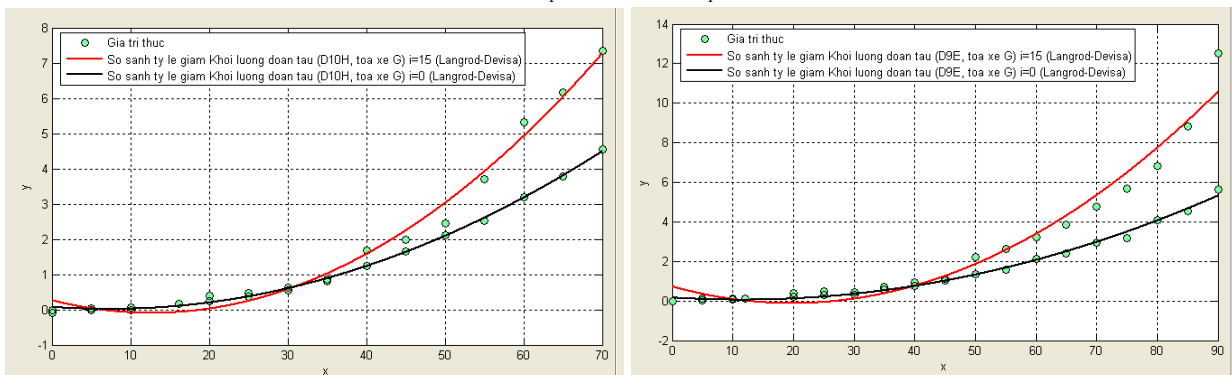
Hình 8. Biểu đồ so sánh tỷ lệ giảm khối lượng đoàn tàu của đầu máy D18E (a) và D13E (b) khi sử dụng công thức sức cản cơ bản đơn vị đầu máy theo Langrod và Devisa ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 \%$ và $i_{qd} = 15 \%$.



a)

b)

Hình 9. Biểu đồ so sánh tỷ lệ giảm khối lượng đoàn tàu của đầu máy D12E (a) và D11H (b) khi sử dụng công thức sức cản cơ bản đơn vị đầu máy theo Langrod và Devisa ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 \%$ và $i_{qd} = 15 \%$.



a)

b)

Hình 10. Biểu đồ so sánh tỷ lệ giảm khối lượng đoàn tàu của đầu máy D10H (a) và D9E (b) khi sử dụng công thức sức cản cơ bản đơn vị đầu máy theo Langrod và Devisa ở độ dốc quy đổi $i_{qd} = 0 \%$ và $i_{qd} = 15 \%$.

Qua kết quả tính toán thấy rằng, đối với tất cả các loại đầu máy, ở tốc độ từ 0 đến 40 km/h, tỷ lệ giảm khối lượng đoàn tàu ở độ dốc 0‰ và 15‰ là không đáng kể. Tỷ lệ giảm khối lượng lớn nhất ở tốc độ 100 km/h trên độ dốc 0‰ là khoảng 4,0 ÷ 5,0 %; trên độ dốc 15‰ là khoảng 7,0 ÷ 10,0 %.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng hợp, phân tích, xác định và thống nhất hóa các biểu thức tính toán sức cản cơ bản đơn vị cho đầu máy diesel sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam theo các mô hình tổng quát khác nhau. Đã xác định được mức độ suy giảm khối lượng kéo của các loại đầu máy về mặt trị số cũng như tỷ lệ khi sử dụng các biểu thức tổng quát của Langrod và Devisa, qua đó thấy rằng mô hình của Devisa là bất lợi hơn. Đây là cơ sở cho việc lựa chọn các biểu thức sức cản cơ bản đơn vị cụ thể cho việc tính toán sức kéo trong ngành đường sắt Việt Nam. Theo quan điểm của tác giả, nên lựa chọn mô hình của Devisa. Tuy nhiên, việc lựa chọn một mô hình cụ thể nào đó cần được thảo luận và thống nhất thông qua các Hội thảo chuyên ngành, từ đó đề xuất cơ quan có thẩm quyền phê duyệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Chuyên, Sức kéo đoàn tàu, Trường đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2001.
- [2]. Lại Ngọc Đường, Sức kéo đoàn tàu và tính toán sức kéo, Trường đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 1985.
- [3]. Đỗ Đức Tuấn, Nghiệp vụ đầu máy, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2004.
<http://minhkhai.com.vn/store2/index.aspx?q=view&isbn=126903>
- [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]. Gajda B., Zarays techniki ruchu Kolejowego, Warszawa, 1972.
- [11]. Jery Mareinkowski, Wstzpc do teorit ruchu pojazdu Szynowego zagadnienia trake jne i dynamiczne, Wrocjaw 1973.
- [12]. Jerzy Gruszezyuski, Ekspoaiacja pojazdow trakcyjnych, Warszawa, 1975.
- [13]. Sobolewski H., Trackeja elektryezna, Spalinowa i parowa wpw spalinowe od oporow, Warszawa, 1963.
- [14]. Wyrzykowski W., Ruch Kolejowy, Warszawa, 1966.