

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN VÀ KIỂM NGHIỆM KHỐI LƯỢNG ĐOÀN TÀU TRÊN ĐƯỜNG SẮT VIỆT NAM

DEVELOPING A PROGRAM TO CALCULATE AND TEST THE MASS OF A TRAIN ON VIETNAM RAILWAYS

ĐỖ ĐỨC TUẤN^{1*}, NGUYỄN ĐỨC TOÀN¹, VŨ VĂN HIỆP²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông vận tải

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

*Email liên hệ: ddtuan@utc.edu.vn

Tóm tắt

Tính toán sức kéo đoàn tàu trong ngành đường sắt là một bài toán tổng hợp bao gồm nhiều nội dung. Nội dung trước nhất, cần tính toán xác định khối lượng đoàn tàu khi chạy trên độ dốc tính toán với tốc độ đều, sau đó là kiểm nghiệm khối lượng kéo theo độ dốc khởi động, theo bán kính cong nhỏ nhất, theo khả năng dùng động năng vượt dốc và theo chiều dài hữu hiệu đường ga. Trên thực tế, các đoàn tàu khách và tàu hàng có thành phần rất đa dạng, cấu thành từ nhiều loại toa xe khác nhau và được kéo bởi các loại đầu máy khác nhau. Việc tính toán và kiểm nghiệm khối lượng kéo cho các loại đoàn tàu có tính đa dạng như vậy là công việc có khối lượng lớn, chiếm nhiều thời gian nếu tiến hành bằng phương thức thủ công truyền thống. Do vậy, để rút ngắn thời gian, đảm bảo tính linh hoạt và thuận tiện trong quá trình tính toán với các phương án lập tàu khác nhau, trong bài báo này trình bày quá trình xây dựng chương trình tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu nhằm đáp ứng được các yêu cầu đã đặt ra. Chương trình tính toán này là một mô đun (chương trình con) trong chương trình tổng hợp tính toán sức kéo đoàn tàu.

Từ khóa: Chương trình tính toán, tính toán sức kéo, tính toán khối lượng đoàn tàu, kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu, đường sắt Việt Nam.

Abstract

Calculating the train traction in the railway industry is a general problem with many contents. Firstly, it is necessary to calculate and determine the mass of a train on a calculated slope at a uniform speed, then test the mass according to the starting slope, the minimum curve radius, the ability to use the kinetic energy to overcome the slope, and the effective length of the station track. Passenger and freight trains have diverse

compositions, which include different types of wagons and are pulled by different types of locomotives. Calculating and testing the mass for such diverse trains is a high volume workload that takes much time if done by traditional manual methods. Therefore, to shorten the time, to ensure flexibility and convenience in the calculation process with different train formation plans, this article presents the process of developing a program to calculate and test the mass of a train to meet the requirements. This program is essentially a module (a subprogram) of a general program that calculated the train traction.

Keywords: Calculation program, traction calculation, the mass of a train calculation, the mass of a train testing, Vietnam Railways.

1. Mở đầu

Ở một số nước tiên tiến, việc tính toán sức kéo đoàn tàu đường sắt được thực hiện theo các Quy trình, Quy phạm do nhà nước hoặc các Bộ chủ quản ban hành. Các Quy trình, Quy phạm đó được thường xuyên cập nhật, bổ sung cho phù hợp với điều kiện thực tế [1 - 8].

Ở Việt Nam, "Quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu đường sắt" đã được Bộ Giao thông vận tải ban hành theo Quyết định số 833/KHKT ngày 24/5/1985 [9]. Như vậy thấy rằng, Quy trình này đã tồn tại 35 năm và cho đến nay vẫn là văn bản pháp lý duy nhất được ngành đường sắt Việt Nam áp dụng để tính toán sức kéo đoàn tàu và xây dựng các Công lệnh sức kéo của ngành. Trong khi đó, từ năm 1985 đến nay ngành đường sắt Việt Nam đã có nhiều thay đổi, trong đó lĩnh vực đầu máy, toa xe đã có những thay đổi rất cơ bản. Từ năm 1986 ngành đường sắt Việt Nam đã được diesel hóa hoàn toàn, đến nay đầu máy hơi nước đã hoàn toàn bị thải loại, các loại đầu máy diesel công suất nhỏ dần được thay thế bằng các loại đầu máy diesel công suất lớn hơn; số lượng đầu máy giảm xuống nhưng tổng công suất được tăng lên [10]. Bên

cạnh đó, các đơn vị đo lường của các đại lượng trong Quy trình 1985 không còn phù hợp với các quy định hiện hành [11-13], không thuận tiện cho việc tính toán sức kéo, đặc biệt là các đơn vị đo về lực gây khó hiểu cho người đọc và gây khó khăn trong việc thực hiện các tính toán về sức kéo.

Mặt khác trên thực tế, hiện nay ngành đường sắt Việt Nam không chỉ căn cứ vào Quy trình này [9] để xây dựng các công lệnh tốc độ, mà còn phải tham khảo các tài liệu khác [14 -18], điều đó dẫn đến sự thiếu nhất quán và chưa có đầy đủ cơ sở khoa học và pháp lý. Mặc dù vậy, cho đến nay vẫn chưa có một cơ quan quản lý nhà nước nào ở Việt Nam đề xuất việc thay đổi hoặc biên soạn lại Quy trình này. Với các lý do nêu trên, đề tài nghiên cứu khoa học “*Xây dựng quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu trong ngành đường sắt Việt Nam*” mã số T2020-CK-011 [10] đã được thực hiện, nhằm chỉnh sửa, bổ sung, thống nhất hóa và làm mới một số nội dung trong “*Quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu trong ngành đường sắt Việt Nam*” hiện hành cho phù hợp với thực tế.

Trong nội dung đề tài T2020-CK-011, đã trình bày cơ sở lý thuyết và tiến hành xây dựng một chương trình tổng hợp với một số mô đun (chương trình con) phục vụ cho quá trình tính toán sức kéo đoàn tàu trong ngành đường sắt Việt Nam. Bài báo này trình bày một phần nội dung của đề tài, đó là xây dựng chương trình tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo độ dốc khởi động, theo bán kính cong nhỏ nhất, theo khả năng dùng động năng vượt dốc và theo chiều dài hữu hiệu đường ga.

2. Cơ sở tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu

2.1. Cơ sở tính toán khối lượng đoàn tàu khi chạy trên độ dốc tính toán với tốc độ đều

Khối lượng đoàn tàu được xác định theo công thức sau [1- 5, 17, 19]:

$$Q = \frac{F_k - P(\omega_0 + i_{tt})g}{(\omega_0 + i_{tt})g}, \text{ tấn} \quad (1)$$

Trong đó:

Q - Khối lượng của đoàn tàu, (tấn);

F_k - Lực kéo tính toán của đầu máy, (N);

P - Khối lượng của đầu máy, (tấn);

ω_0 và ω_0'' - Lực cản cơ bản đơn vị của đầu máy và toa xe ở tốc độ tính toán, (N/kN);

i_{tt} - Độ dốc tính toán hoặc độ dốc hạn chế (quy đổi) của tuyến đường, (%o);

g - Gia tốc trọng trường, $g = 9,81\text{m/s}^2$.

2.2. Cơ sở kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu

2.2.1. Cơ sở kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo khả năng dùng động năng vượt dốc

Khi kiểm toán bằng phương pháp giải tích, sử dụng công thức tổng quát sau đây [1 - 5]:

$$S \leq \frac{4,17(V_d^2 - V_c^2)}{f_k - \omega_k}, \text{ m} \quad (2)$$

Trong đó:

S - Chiều dài đoạn dốc cần kiểm nghiệm có độ dốc lớn hơn độ dốc tính toán, (m);

V_d, V_c - Tốc độ của đoàn tàu ở đầu và cuối của đoạn dốc cần kiểm nghiệm, (km/h);

$f_k - \omega_k$ - Lực gia tốc đơn vị trung bình tác dụng lên đoàn tàu trong khoảng tốc độ từ V_d đến V_c , N/kN.

Trong quá trình tính toán, thường lấy giãn cách tốc độ trong phạm vi 10 km/h, và khi đó [1- 5]:

$$S \leq \sum S_i = \sum \frac{4,17(V_{d_i}^2 - V_{c_i}^2)}{(f_k - \omega_k)_i}, \text{ m} \quad (3)$$

S_i - Quãng đường đoàn tàu đi được trong khoảng tốc độ thay đổi từ V_{d_i} đến V_{c_i} trong khoảng giãn cách thứ i , (m).

V_{d_i}, V_{c_i} - Tốc độ đầu và cuối của khoảng giãn cách tốc độ thứ i , (km/h);

$(f_k - \omega_k)_i$ - Lực gia tốc đơn vị trung bình tác dụng lên đoàn tàu từ V_{d_i} đến V_{c_i} trong khoảng giãn cách tốc độ thứ i , N/kN.

Khi kiểm nghiệm, nếu thấy tốc độ của đoàn tàu ở điểm cuối đoạn dốc kiểm nghiệm đạt tới bằng tốc độ tính toán V_{tt} của loại đầu máy đó thì coi như khối lượng đoàn tàu đã được xác định chính xác. Nếu tốc độ thực tế vượt qua đoạn đường này nhỏ hơn tốc độ tính toán, thì chiều dài của đoạn dốc đó không được quá 500m.

2.2.2. Kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo độ dốc khởi động

Để làm cho đoàn tàu dừng ở ga khởi động lại được

thì phải tính khối lượng kéo có thể khởi động được ở ga khó khăn nhất trong khu đoạn. Khối lượng kéo lớn nhất của đoàn tàu có thể căn cứ vào điều kiện: lực kéo khởi động F_{kd} của đầu máy bằng lực cản khởi động đoàn tàu W_{kd} .

Từ đó, khối lượng kéo trên đoạn dốc khởi động [1 - 5]:

$$Q < Q_{kd} = \frac{F_{kd} - P(\omega'_{kd} + i_{kd})g}{(\omega''_{kd} + i_{kd})g}, \text{ tấn} \quad (4)$$

Trong đó:

F_{kd} - Lực kéo khởi động tính toán của đầu máy đầu máy, (N);

ω'_{kd} - Lực cản khởi động đơn vị của đầu máy trên đường bằng, (N/kN);

ω''_{kd} - Lực cản khởi động đơn vị của toa xe trên đường bằng, (N/kN);

i_{kd} - Độ dốc quy đổi của đoạn dốc khởi động, (%o).

Có thể đơn giản hóa tính toán bằng cách coi $\omega_{kd} = \omega'_{kd} = \omega''_{kd}$ [4], khi đó:

$$Q < Q_{kd} = \frac{F_{kd} - P(\omega_{kd} + i_{kd})g}{(\omega_{kd} + i_{kd})g} = \frac{F_{kd}}{(\omega_{kd} + i_{kd})g} - P, \text{ tấn} \quad (5)$$

- Đoàn tàu chạy bằng ổ trượt [4]:

$$\omega_{kd} = \frac{142}{q_0 + 7}, \text{ N/kN} \quad (6)$$

- Đoàn tàu chạy bằng ổ lăn [4]:

$$\omega_{kd} = \frac{28}{q_0 + 7}, \text{ N/kN} \quad (7)$$

Trong đó: q_0 - Tải trọng trục trung bình, (kN):

$$q_0 = \frac{P + Q}{n_{dm} + n_{tx}}, \text{ kN/trục} \quad (8)$$

Với: n_{dm}, n_{tx} - Số trục của đầu máy và các toa xe;

Nếu $Q_{kd} > Q$ (trị số khối lượng kéo cần kiểm nghiệm đã biết) thì đoàn tàu có thể khởi động được trên độ dốc này. Ngược lại, nếu $Q_{kd} < Q$ thì đoàn tàu không khởi động được, do đó trọng lượng kéo nên lấy là Q_{kd} hoặc dùng biện pháp không dùng đoàn tàu ở ga có độ dốc này.

2.2.3. Kiểm nghiệm khối lượng kéo theo bán kính cong nhỏ nhất

Khi đoàn tàu đi vào đường cong bán kính nhỏ, hệ số bám của đầu máy giảm thấp dẫn đến lực kéo bám giảm theo. Lúc này lực kéo bám thực tế $F_{b,thuct}$ có xu hướng nhỏ hơn lực kéo bám tính toán $F_{b,t}$, do đó khối lượng kéo có thể bị hạn chế bởi mức độ suy giảm của hệ số bám, và vì vậy cần phải kiểm nghiệm khối lượng kéo, theo công thức sau [1- 5]:

$$Q_r = \frac{F_r - P(\omega'_0 + i_r)g}{(\omega''_0 + i_r)g}, \text{ tấn} \quad (9)$$

Trong đó:

F_r - Lực kéo đầu máy khi đi vào đường cong bán kính nhỏ bị giảm độ bám, (N);

i_r - Độ dốc quy đổi của đoạn có bán kính cong nhỏ, (%o);

ω'_0 và ω''_0 - Lực cản cơ bản đơn vị của đầu máy, toa xe ở tốc độ tính toán, (N/kN).

Nếu $Q_r > Q$ (đã biết) thì khối lượng kéo không bị hạn chế bởi sự giảm bám, ngược lại nên lấy khối lượng kéo là Q_r .

Lượng giảm hệ số bám trên đường cong có bán kính $R < 200m$ của đầu máy khổ đường 1.000mm được cho trong Bảng 1 [9].

Bảng 1. Lượng giảm hệ số bám trên đường cong có bán kính $R < 200m$ của đầu máy khổ đường 1.000mm

1.000mm						
Bán kính đường cong, m	200	150	125	100	75	60
Lượng giảm hệ số bám, %	9	11	13	15	18	20

Đối với đầu máy khổ đường 1.435mm, khi đi trên dốc có đường cong với bán kính $< 500m$ thì hệ số bám được tính (gọi là ψ_{bc}) theo công thức [4].

$$\psi_{bc} = \psi_b \frac{250 + 1,55R}{500 + 1,1R} \quad (10)$$

2.2.4. Kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo chiều dài hữu hiệu đường ga

Chiều dài hữu hiệu của đường ga là cự ly giữa hai móc xung đột. Nếu chiều dài đoàn tàu lớn hơn chiều dài hữu hiệu của đường ga thì đoàn tàu có thể va chạm với đoàn tàu ở tuyến bên cạnh. Bởi vậy, chiều dài đoàn tàu không được vượt quá chiều dài hữu hiệu ngắn nhất của đường ga.

Khối lượng kéo lớn nhất được tính như sau [19]:

$$Q_{ga} = Q_{tx}^b \left(\frac{L_{ga} - L_{dm} - L_{trt}}{L_{tx}^b} \right) + Q_{trt}, \text{ tấn} \quad (11)$$

Trong đó:

L_{ga} - chiều dài hữu hiệu của đường ga, (m);

Q_{tx}^b - khối lượng trung bình của mỗi toa xe, (t);

L_{tx}^b - chiều dài trung bình của mỗi toa xe, (m);

L_{dm} - chiều dài của đầu máy, (m);

L_{trt} - chiều dài toa trưởng tàu, (m);

Q_{trt} - khối lượng toa trưởng tàu, (tấn).

Nếu $Q_{ga} > Q$ (đã biết) thì chiều dài đoàn tàu không bị hạn chế bởi chiều dài hữu hiệu của đường ga. Nếu không, trọng lượng kéo nên lấy là Q_{ga} hoặc qui định đoàn tàu không đỗ tại ga này. Chiều dài của đầu máy, toa xe tính theo bảng liệt kê đặc điểm đầu máy, toa xe của Tổng công ty Đường sắt Việt Nam.

Ngoài ra, từ công thức (11) còn có thể xác định chiều dài đoàn tàu có thể nằm trên đường ga có chiều dài nhỏ nhất là bao nhiêu.

3. Xây dựng chương trình tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu

3.1. Các chức năng chính của chương trình

Từ cơ sở lý thuyết đã trình bày, bằng ngôn ngữ lập trình Java, tiến hành xây dựng chương trình tính toán sức kéo đoàn tàu với các chức năng chính sau đây:

1. Lưu giữ thông tin về các thông số kỹ thuật của đầu máy, toa xe đang sử dụng trong ngành đường sắt Việt Nam.

2. Tính toán xác định khối lượng kéo của đoàn tàu.

3. Kiểm nghiệm khối lượng kéo của đoàn tàu

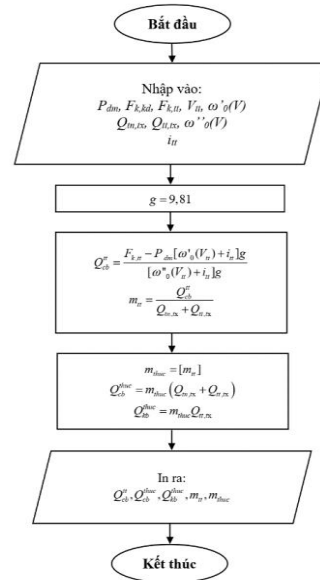
- Theo độ dốc khởi động;

- Theo bán kính cong nhỏ nhất;

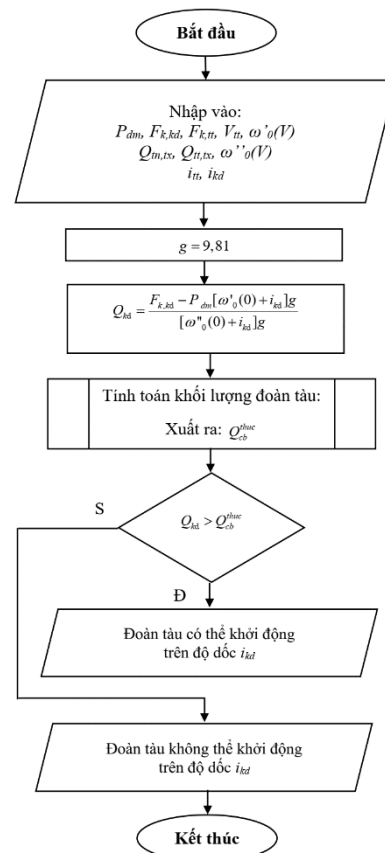
- Theo khả năng dùng động năng vượt dốc;

- Theo chiều dài đường ga.

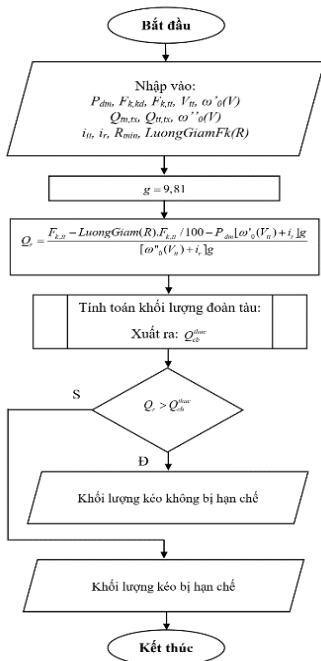
3.2. Các lưu đồ thuật toán của chương trình



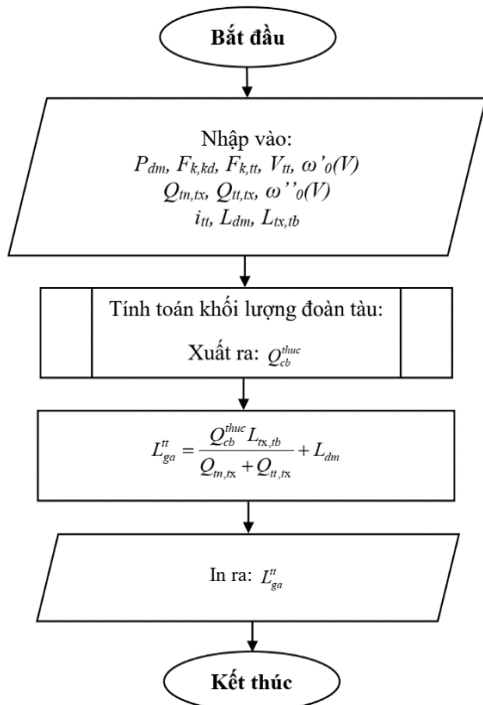
Hình 1. Lưu đồ thuật toán tính toán khối lượng đoàn tàu



Hình 2. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo độ dốc khởi động



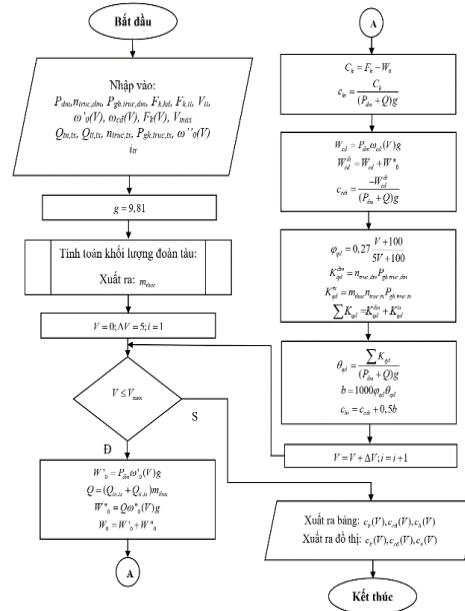
Hình 3. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng kéo theo bán kính cong nhỏ nhất



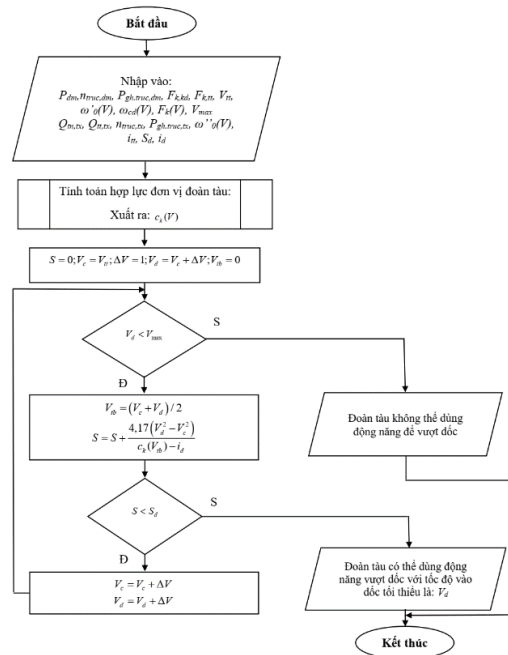
Hình 4. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo chiều dài đường ga

Lưu đồ thuật toán xác định khối lượng đoàn tàu thể hiện trên Hình 1. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo độ dốc khởi động thể hiện trên Hình 2. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối

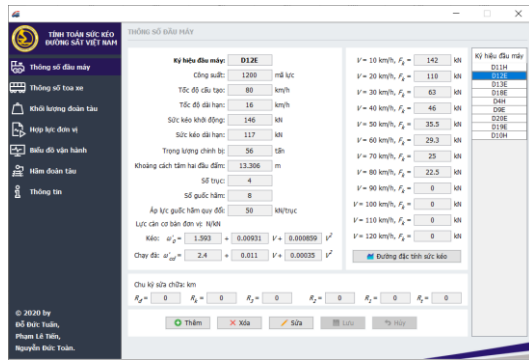
lượng kéo theo bán kính cong nhỏ nhất thể hiện trên Hình 3. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo chiều dài đường ga thể hiện trên Hình 4. Lưu đồ thuật toán tính toán hợp lực đơn vị đoàn tàu thể hiện trên Hình 5. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu có xét khả năng vượt động năng vượt dốc thể hiện trên Hình 6 [10].



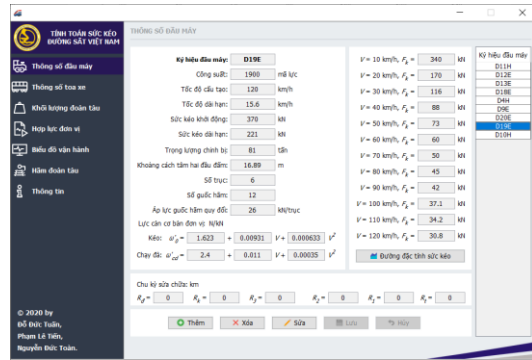
Hình 5. Lưu đồ thuật toán tính toán hợp lực đơn vị đoàn tàu



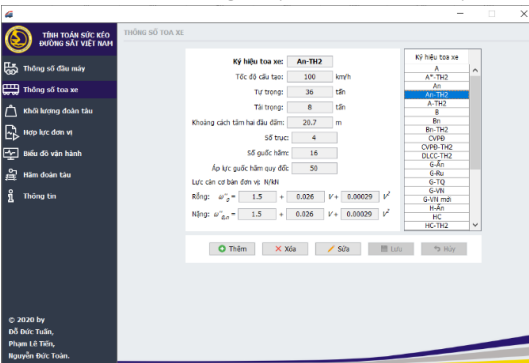
Hình 6. Lưu đồ thuật toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu theo khả năng dùng động năng vượt dốc



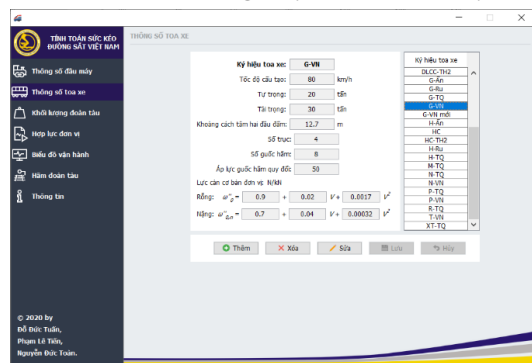
Hình 7. Giao diện thông số kỹ thuật của đầu máy D12E



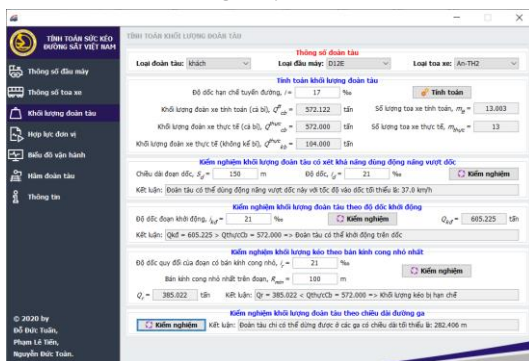
Hình 10. Giao diện thông số kỹ thuật của đầu máy D19E



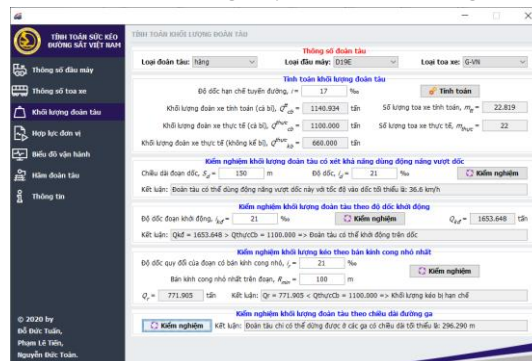
Hình 8. Giao diện thông số kỹ thuật của toa xe An - TH2



Hình 11. Giao diện thông số kỹ thuật của toa xe hàng G - VN



Hình 9. Giao diện tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu khách với đầu máy D12E và toa xe An-TH2



Hình 12. Giao diện tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu hàng với đầu máy D19E và toa xe G-VN

3.3. Các giao diện chính của chương trình

Sau đây đơn cử giới thiệu một số giao diện tính toán kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu.

3.3.1. Giao diện tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu khách

Các giao tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu khách với toa xe An - TH2 do đầu máy D12E kéo thể hiện trên các Hình 7 - 9 [10].

3.3.2. Giao diện tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu hàng

Các giao tính toán và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu hàng với toa xe G - VN do đầu máy D19E kéo thể hiện trên các Hình 10 - 12 [10].

4. Kết luận

Chương trình (mô đun) đã xây dựng cho phép tính toán xác định khối lượng đoàn tàu với bất kỳ loại đầu máy, toa xe nào và kiểm nghiệm khối lượng đoàn tàu đó với bất kỳ thông số nào của độ dốc khởi động, của bán kính đường cong nhỏ nhất, của độ dốc dùng động năng vượt dốc và của chiều dài hữu hiệu đường ga một cách nhanh chóng, thuận tiện và linh hoạt. Chương trình (mô đun hay chương trình con) này là cơ sở cho việc xây dựng các mô đun tiếp theo là tính toán hợp lực đơn vị của đoàn tàu, tính toán hãm đoàn tàu, tính toán vận tốc và thời gian vận hành của đoàn tàu. Các mô đun này sẽ được tiếp tục giới thiệu trong các bài báo tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Бабищков А. М., Гурский П. А., Новиков А. П., *Тяга поездов и тяговые расчёты*, Транспорт, Москва, 1971.
- [2] Астахов П. Н., Гребенюк П. Т., Скорцова А. И., *Справочник по тяговым расчётам*, Транспорт, Москва, 1973.
- [3] *Правила тяговых расчётов для поездной работы* - М.: Транспорт, 1985.
- [4] Кузмич В. Д., Руднев В. С., Френкель С. Я., *Теория локомотивной тяги*, Маршрут, Москва, 2005.
- [5] Руднев В. С. Маношин А. В., *Тяговые расчёты для магистрального транспорта*, МИИТ, Москва, 2009.
- [6] Gajda B., *Zarys techniki ruchu Kolejowego*, Warszawa, 1972.
- [7] Jery Mareinkowski, *Wstzp do teorit ruchu pojazdu Szynowego zagadnienia trake jne i dynamiczne*, Wroclaw, 1973.
- [8] Jerzy Gruszezyuski, *Ekspoiacja pojazdow trakcyjnych*, Warszawa, 1975.
- [9] Bộ Giao thông vận tải, *Quy trình tính toán sức kéo đoàn tàu đường sắt*, Hà Nội, 1985.
- [10] Đỗ Đức Tuấn, *Xây dựng quy trình tính toán sức kéo trong ngành đường sắt Việt Nam*. Đề tài NCKH mã số T2020-CK-011, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2020.
- [11] Luật Đo lường số 04/2011/QH13.
- [12] Nghị định số 86/2012/NĐ-CP Quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật đo lường.
- [13] Phan Văn Khôi, *Sổ tay các đơn vị đo lường*, NXB Bách khoa Hà Nội, 2013.
- [14] Bộ môn Toa xe, Trường Đại học Giao thông Đường sắt và Đường bộ, *Sổ tay kỹ thuật toa xe*, Tập 1, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 1985.
- [15] Nguyễn Văn Chuyên, Vũ Duy Lộc, Khuất Tất Nhưõng, Kiều Duy Súc, *Hãm đoàn tàu*, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 1996.
- [16] Khuất Tất Nhưõng, *Hãm đoàn tàu*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 1997.
- [17] Nguyễn Văn Chuyên, *Sức kéo đoàn tàu*, Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, 2001.
- [18] Tiêu chuẩn quốc gia, TCVN 9983:2013, *Phương tiện giao thông đường sắt - Toa xe - Yêu cầu thiết kế*.
- [19] Đỗ Đức Tuấn (Chủ biên), Vũ Duy Lộc, Đỗ Việt Dũng, *Nghiệp vụ đầu máy, toa xe*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội 2014.
- [20] 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, Số.71.3, tr.305-316, 2020.
<https://doi.org/10.25073/tcsj.71.3.14>.
- [21] Đỗ Đức Tuấn, Nguyễn Đức Toàn, *Xây dựng chương trình tính toán hợp lực đơn vị của đoàn tàu trên đường sắt Việt Nam*, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, Số 71.8, tr.907-923, 2020.
<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.3>.

Ngày nhận bài:	13/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	05/8/2021
Ngày duyệt đăng:	13/8/2021