



STUDY ON SAFETY EVALUATION OF TRAIN NEGOTIATING THE SHARP CURVES ON METRO LINE CAT LINH HADONG

Mai Van Tham¹, Tao Van Chien¹

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

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 30/10/2019

Revised: 9/12/2019

Accepted: 10/12/2019

Published online: 16/1/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.70.5.2>

* Corresponding author

Email: mvthamdmx@utc.edu.vn; Tel: 0913383319

Abstract. Safety for trains when passing the curve segment with the smallest radius is one of the important issues in operating of the train. This paper used Simpack model to simulate 3D model to study the dynamics and the criteria of safety assessment of Cat Linh - Ha Dong urban railway. The results in both the case of smooth ground railway and the railway structure using DTVII2 components have the largest derailment coefficient less than 0.8 and the overturning stability coefficient less than 0.7. These results are the main criteria to ensure the safety of the train operation when passing the minimum radius of curve $R = 300\text{m}$ of Cat Linh - Ha Dong Metroline.

Keywords: *derailment coefficient, overturning stability coefficient, safety of train operation, Simpack software.*



NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ AN TOÀN ĐOÀN TÀU ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ TUYẾN CÁT LINH - HÀ ĐÔNG KHI THÔNG QUA BÁN KÍNH ĐƯỜNG CONG NHỎ NHẤT

Mai Văn Thắm¹, Tào Văn Chiến¹

¹Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội.

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 30/10/2019

Ngày nhận bài sửa: 9/12/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/12/2019

Ngày xuất bản Online: 16/1/2020

<https://doi.org/10.25073/tcsj.70.5.2>

* Tác giả liên hệ

Email: mvthamdmx@utc.edu.vn; Tel: 0913383319

Tóm tắt. An toàn cho đoàn tàu khi thông qua đường cong có bán kính nhỏ nhất là một trong vấn đề quan trọng khi vận hành đoàn tàu. Bài báo đã sử dụng phần mềm Simpack để xây dựng mô hình 3D nghiên cứu động lực học và các chỉ tiêu đánh giá an toàn của đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh – Hà Đông. Kết quả cho thấy trong hai trường hợp nền đường sắt phẳng thuận và kết cấu đường sắt sử dụng cầu kiện DTVII2 đều cho hệ số chống trật bánh lớn nhất nhỏ hơn 0,8 và hệ số ổn định chống lật nhỏ hơn 0,7. Kết quả này là các tiêu chí chính đảm bảo sự an toàn vận hành đoàn tàu khi thông qua bán kính đường cong nhỏ nhất $R=300m$ của tuyến Cát Linh – Hà Đông.

Từ khoá: hệ số chống trật bánh, hệ số ổn định chống lật, an toàn vận hành đoàn tàu, phần mềm Simpack.

© 2019 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề đoàn tàu vận hành an toàn khi thông qua đường cong là vấn đề phức tạp và quan trọng trong động lực học đoàn tàu. Việc nghiên cứu tính an toàn của đoàn tàu thông qua đường cong có ý nghĩa rất lớn, nhất là đối với các tuyến đường chuẩn bị đưa vào khai thác.

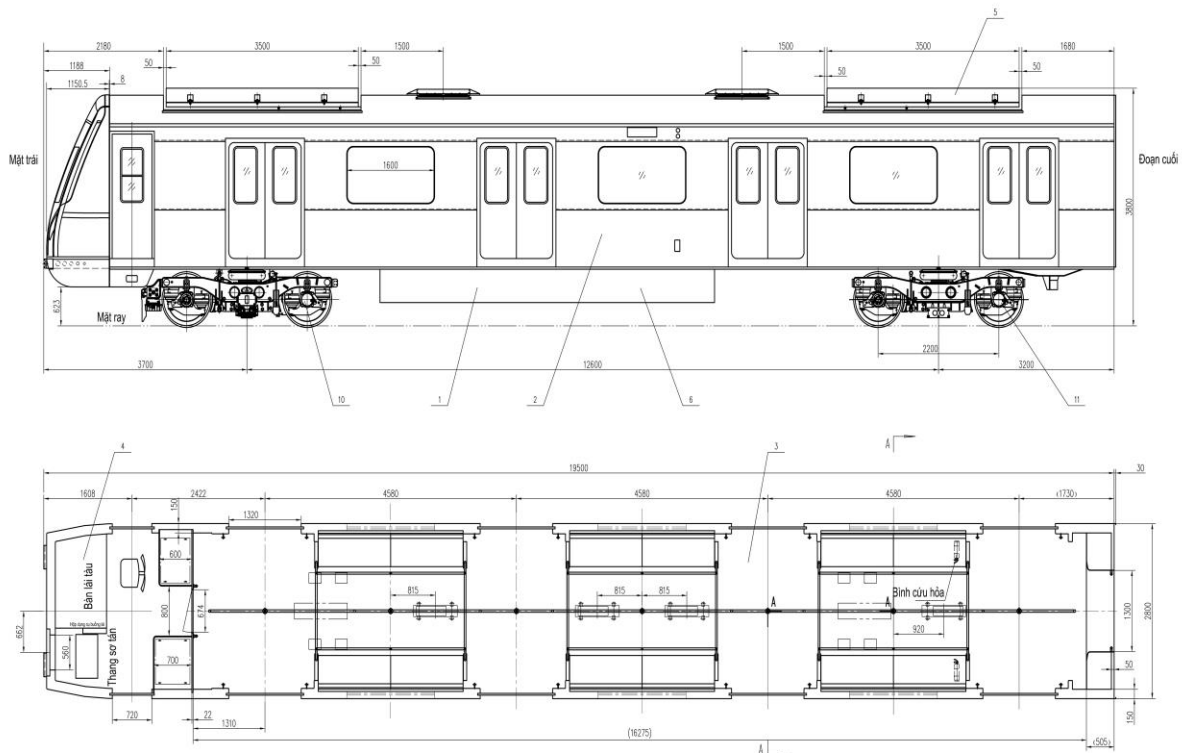
Bài báo giới thiệu kết cấu và thông số kỹ thuật chính của đoàn tàu, đường sắt tuyến Cát Linh – Hà Đông, nghiên cứu mô hình động lực học của đoàn tàu đường sắt đô thị khi thông qua đường cong, tính toán các chỉ tiêu an toàn của đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông khi thông qua bán kính cong nhỏ nhất.

Kết quả nghiên cứu, tính toán chỉ tiêu an toàn đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông có ý nghĩa thực tiễn khi vận hành, khai thác đoàn tàu. Bài báo chọn toa xe kéo theo của đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông để nghiên cứu kết cấu, các thông số kỹ thuật chính và tính toán các chỉ tiêu an toàn toa xe kéo theo khi thông qua bán kính đường cong nhỏ nhất.

2. NỘI DUNG

2.1. Kết cấu tổng thể của toa xe kéo theo đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông

Đoàn tàu tuyến đường sắt đô thị Cát Linh – Hà Đông gồm có 13 đoàn tàu với tổng số 52 toa xe. Đoàn tàu được thiết kế gồm 4 toa xe, trong đó có 2 toa động lực 2 toa xe kéo theo, phương thức bố trí như sau: +Tc-M+M-Tc+ (trong đó Tc: là toa xe kéo theo có buồng lái, M: là toa xe động lực). Dựa vào kết cấu các bộ phận của toa xe kéo theo của đoàn tàu đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông tính toán được các thông số dùng trong tính toán an toàn khi thông qua đường cong. Kết cấu tổng thể toa xe kéo theo có buồng lái như hình 1, Một số thông số kỹ thuật của toa xe kéo theo có buồng lái đoàn tàu Cát Linh – Hà Đông như bảng 1 [1]:



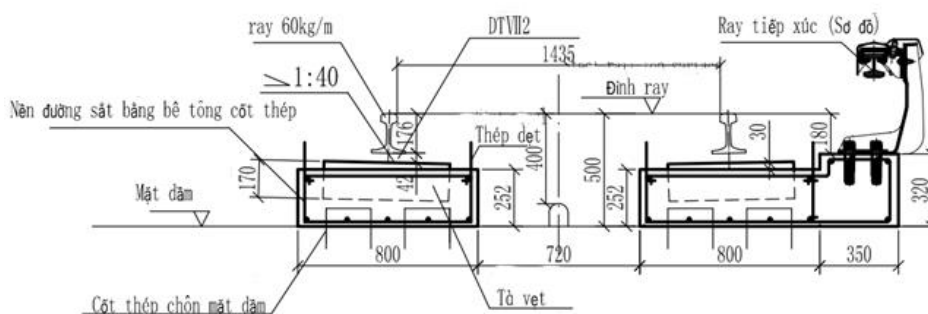
Hình 1. Kết cấu tổng thể của toa xe toa kéo theo có buồng lái Tc.

Bảng 1. Một số thông số kỹ thuật của toa xe kéo theo có buồng lái Tc đoàn tàu Cát Linh - Hà Đông.

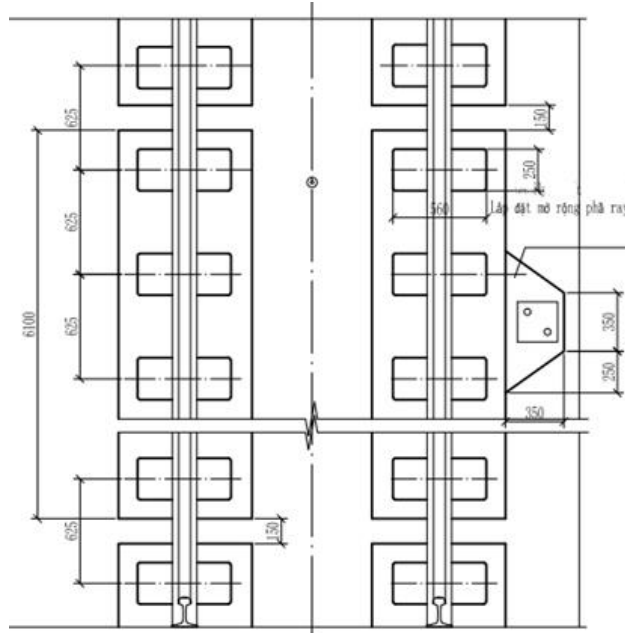
TT	Thông số kỹ thuật chính	Giá trị
1	Tốc độ thiết kế	80 km/h
2	Khối lượng thân xe	22,4 tấn
3	Khối lượng khung giá chuyển hướng	3,52 tấn
4	Khối lượng một bộ trục bánh	1,539 tấn
5	Khoảng cách giữa hai cối chuyển hướng	12600 mm
6	Khoảng cách giữa hai trục bánh	2200 mm
7	Đường kính bánh xe	840 mm
8	Khoảng cách ngang giữa hai lò xo không khí	1850 mm
9	Khoảng cách ngang giữa hai lò xo bầu dầu	1930 mm
10	Độ cứng thẳng đứng một bên lò xo không khí	0,45 MN/m
11	Hệ số giảm chấn thẳng đứng của lò xo không khí	60 kN.s/m
12	Độ cứng thẳng đứng một bên bầu dầu	1,7 MN/m
13	Hệ số giảm chấn thẳng đứng của bầu dầu	10 kN.s/m

2.2. Kết cấu đường sắt tuyến Cát Linh - Hà Đông

Kết cấu đường sắt tuyến Cát Linh – Hà Đông sử dụng tà vẹt bê tông ngắn đúc sẵn đặt trên tấm bản bê tông cốt thép đổ trực tiếp. Chiều dài tà vẹt ngắn 0,56, chiều rộng 0,25m, kết cấu bê tông cốt thép. Kết cấu thép duỗi ra phần dưới tăng cường liên kết với bê tông của nền đường sắt. Tà vẹt ngắn sử dụng bê tông C50. Sử dụng cấu kiện DTVII2. Bản bê tông bên dưới mỗi đường ray làm thành kết cấu hình chữ nhật, chiều rộng là 0,8m, thông thường dài 6,25m hoặc 6m, các tấm bản bê tông đặt cách nhau theo chiều dọc ray, khoảng cách giữa hai tấm bản bê tông là 0,15m. Kết cấu và kích thước kết cấu đường sắt tuyến Cát Linh – Hà Đông thể hiện như hình 2 và hình 3 [2, 3, 4].



Hình 2. Mặt cắt ngang kết cấu đường sắt đô thị Cát Linh – Hà Đông.



Hình 3. Mặt cắt bằng kết cấu đường sắt đô thị Cát Linh – Hà Đông.

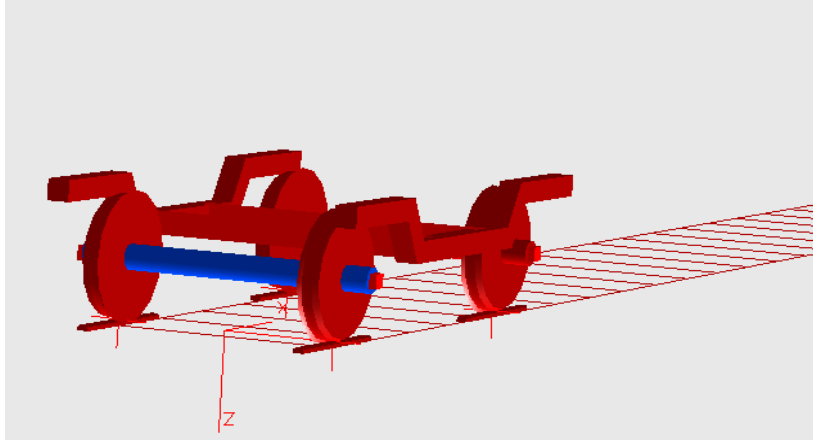
Một số thông số kỹ thuật chính của đường sắt tuyến Cát Linh – Hà Đông như bảng 2:

Bảng 2. Một số thông số kỹ thuật của đường sắt tuyến Cát Linh - Hà Đông.

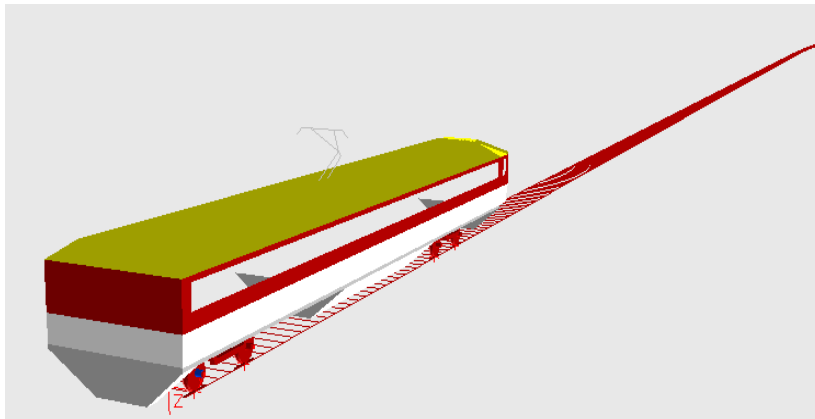
TT	Thông số kỹ thuật chính	Thông số
1	Khổ đường	1435 mm
2	Kiểu Ray	P60
3	Bán kính nhỏ nhất trên chính tuyến	300 m
4	Độ siêu cao bán kính đường cong nhỏ nhất trên chính tuyến	80 mm
5	Phương thức lấy điện	Ray thứ ba
6	Kiểu nền đường sắt	Tấm bản bê tông

2.3. Nghiên cứu xây dựng mô hình động lực học của toa xe đường sắt đô thị

Dựa vào mô hình động lực học và hệ phương trình dao động của toa xe kéo theo [5, 6, 7, 8, 11, 12], và kết cấu của toa xe kéo theo có buồng lái tuyến Cát Linh - Hà Đông, bài báo ứng dụng phần mềm mô phỏng động lực học Simpack [10], tiến hành xây dựng mô phỏng các chi tiết, bộ phận của toa xe kéo theo: mô phỏng bộ trục bánh, mô phỏng hệ thống treo sơ cấp và thứ cấp, mô phỏng giá chuyển hướng, mô phỏng thân toa xe, định nghĩa hình dạng ray, biên dạng mặt lăn bánh xe, định nghĩa thông số đường cong, định nghĩa kết cấu đường sắt và cuối cùng sẽ xây dựng được mô hình 3D nghiên cứu động lực học của toa xe đường sắt đô thị theo như hình 4 đến hình 5.



Hình 4. Mô hình mô phỏng giá chuyển hướng.



Hình 5. Mô hình 3D nghiên cứu động lực học toa xe đường sắt đô thị.

2.4. Tiêu chuẩn đánh giá an toàn toa xe thông qua đường cong

Căn cứ vào Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN18:2018/BGTVT: Kiểm tra, nghiệm thu toa xe khi sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu. Bộ Giao thông vận tải, Hà nội, 2018 [9]. Trong qui chuẩn quy định chỉ tiêu đánh giá an toàn toa xe thông qua đường cong bằng hệ số chống trật bánh và hệ số ổn định chống lật:

$$\text{Hệ số chống trật bánh: } \frac{Y}{Q} \leq 0,8 \quad (1)$$

Trong đó: Y - Lực tác dụng lên gờ bánh theo phương nằm ngang [kN]; Q - Tải trọng thẳng đứng phân bổ lên bánh xe [kN].

$$\text{Hệ số ổn định chống lật: } \eta = \frac{P_d}{P_{CT}} \leq 0,7 \quad (2)$$

Trong đó: P_{CT} - Tải trọng tĩnh của toa xe đối với đầu ray (của một phía) [kN]; P_d - Tải

trọng chênh lệch của toa xe đối với đầu ray do lực gió và lực ly tâm gây ra [kN].

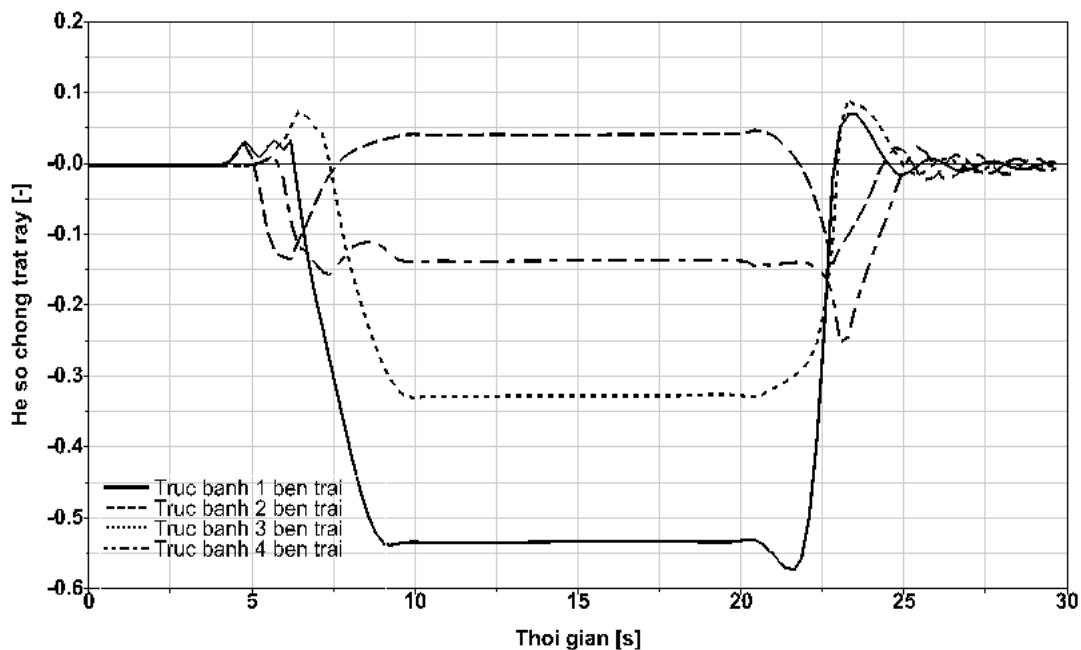
Trên đường sắt Cát Linh - Hà Đông có bán kính đường cong nhỏ nhất là 300m, do vậy bài báo khảo sát toa xe kéo theo có buồng lái của đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông thông qua bán kính cong 300m với tốc độ thông qua lớn nhất theo qui định $V=70\text{km/h}$. Các thông số của đường cong bán kính 300m thể hiện như bảng 3:

Bảng 3. Thông số đường cong bán kính 300m.

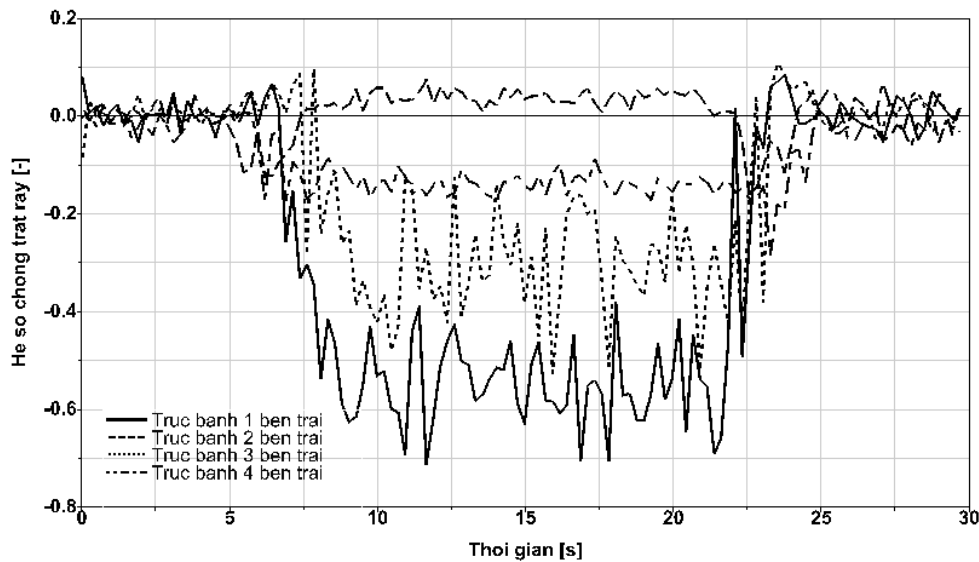
Bán kính đường cong [m]	Chiều dài đường cong hoà hoãn [m]	Chiều dài đoạn cong [m]	Độ siêu cao [mm]	Tốc độ [km/h]
300	90	200	80	70

2.5. Kết quả tính toán chỉ tiêu an toàn khi toa xe đường sắt đô thị tuyến Cát Linh – Hà Đông thông qua đường cong bán kính bé nhất

Kết quả tính toán hệ số chống trật bánh của toa xe kéo có buồng lái của đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông khi toa xe thông qua đường cong có bán kính $R=300\text{m}$ với trường hợp nền đường sắt được giả thiết phẳng thuận và trường hợp có xét đến kết cấu đường sắt sử dụng cấu kiện DTVII2 (nền đường không phẳng thuận) thì được kết quả thể hiện như trong hình 6, hình 7:



Hình 6. Hệ số chống trật bánh toa xe kéo theo tuyến Cát Linh - Hà Đông khi thông qua đường cong bán kính $R=300\text{m}$ với nền đường sắt phẳng thuận.



Hình 7. Hệ số chống trật bánh toa xe kéo theo tuyến Cát Linh - Hà Đông khi thông qua đường cong bán kính $R=300m$ kết cấu đường sắt sử dụng cấu kiện DTVII2.

Hình 6, hình 7 cho ta thấy rằng quy luật biến đổi của hệ số chống trật bánh là khi toa xe kéo theo chạy trên đường thẳng hệ số chống trật bánh nhỏ, tăng dần khi toa xe đi vào đoạn đường cong hoà hoãn, hệ số chống trật bánh lớn nhất và tương đối đều khi toa xe đi vào đoạn cong, hệ số chống trật bánh bắt đầu giảm dần khi đi ra đoạn đường cong hoà hoãn và ra đoạn thẳng. Hệ số chống trật bánh của bánh xe bên trái của trục bánh dẫn số 1 luôn có trị số lớn nhất. Trường hợp với nền đường sắt phẳng thuận giá trị hệ số chống trật bánh lớn nhất bằng 0,574, trường hợp kết cấu đường sắt sử dụng cấu kiện DTVII2 thì giá trị hệ số chống trật bánh lớn nhất bằng 0,714. Trường hợp nhập các thông số thực tế đường sắt vào mô hình sẽ có hệ số chống trật bánh lớn hơn trường hợp xét nền đường phẳng thuận và biên độ biến thiên của hệ số chống trật bánh ở trường hợp nền đường không phẳng thuận là lớn, theo hình răng cưa, không trơn như trường hợp nền đường phẳng thuận.

Theo các tài liệu tham khảo [5], [7] căn cứ vào các công thức để tính toán hệ số ổn định chống lật, thay các thông số kỹ thuật của toa xe kéo theo tuyến Cát Linh – Hà Đông dễ dàng tính được hệ số ổn định chống lật $\eta = 0,41$.

Như vậy toa xe kéo theo của đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông xét cả hai trường hợp nền đường sắt phẳng thuận và kết cấu đường sắt sử dụng cấu kiện DTVII2 đều cho hệ số chống trật bánh lớn nhất nhỏ hơn 0,8, và hệ số ổn định chống lật nhỏ hơn 0,7. Kết quả này là các tiêu chí chính đánh giá sự an toàn khi thông qua bán kính đường cong nhỏ nhất $R=300m$ của tuyến Cát Linh – Hà Đông

3. KẾT LUẬN

Đã mô phỏng thành công mô hình 3D của toa xe kéo theo tuyến Cát Linh – Hà Đông bằng phần mềm Simpack.

Hệ số chống trật bánh, hệ số ổn định chống lật đã được tính toán và dùng để đánh giá tính an toàn của toa xe kéo theo tuyến Cát Linh - Hà Đông khi thông qua bán kính đường cong nhỏ nhất 300m với hai trường hợp nền đường sắt phẳng thuận và kết cấu đường sắt sử dụng cầu kiện DTVII2.

Hệ số chống trật bánh lớn nhất ở hai trường hợp đều nhỏ hơn trị số cho phép và hệ số ổn định chống lật nhỏ hơn trị số cho phép, điều này chứng tỏ toa xe kéo theo tuyến Cát Linh – Hà Đông đảm bảo an toàn khi thông qua bán kính đường cong nhỏ nhất.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Trường Đại học Giao thông Vận tải đã tài trợ cho nghiên cứu này trong khuôn khổ đề tài mã số T2019-CK-008.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Công ty TNHH một thành viên đường sắt Hà nội, Tài liệu thiết kế đoàn tàu đường sắt đô thị tuyến Cát Linh - Hà Đông, 2017.
- [2]. Phạm Văn Ký, Công trình đường sắt đô thị, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà nội, 2009.
- [3]. Lê Văn Cử, Bùi Thị Trí, Nguyễn Thanh Tùng, Kết cấu tầng trên đường sắt, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà nội, 2009.
- [4]. Phạm Văn Ký, Lương Xuân Bình, Trần Anh Dũng, Tính toán thiết kế và thi công đường sắt không đá kiểu tấm bản, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà nội, 2013.
- [5]. Lã Ngọc Khuê, Động lực học vận hành của Đầu máy toa xe, Nhà xuất bản Bách khoa Hà nội, 2015.
- [6]. Lê Văn Doanh, Động lực học đoàn tàu nâng cao, Bài giảng cho sinh viên cao học, Trường Đại học Giao thông Vận tải, 2004.
- [7]. Lê Văn Doanh, Động lực học đoàn tàu metro, Bài giảng cho sinh viên ngành Tàu điện metro, Trường Đại học Giao thông Vận tải, 2008.
- [8]. Nguyễn Hữu Dũng, Động lực học đầu máy Diesel, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà nội, 2006.
- [9]. Qui chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN18:2018/BGTVT, Kiểm tra, nghiệm thu toa xe khi sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu, Bộ Giao thông vận tải, Hà nội, 2018.
- [10]. Simpack Release 8.6, Wheel Rail Element Reference, September 2003.
- [11] Peter T. Torstensson, Jens C.O. Nielsen, Simulation of dynamic vehicle-track interaction on small radius curves, Vehicle System Dynamics, 49 (2011) 1711-1732. <https://doi.org/10.1080/00423114.2010.499468>
- [12]. Zhai Wanming, Cheliang – guidao ouhe dong li xue (di san ban), Beijing, Kexue chuban she, 2007 (Trạch Uyển Minh, Động lực học tương hỗ giữa toa xe và đường sắt (bản thứ 3), Nhà xuất bản kỹ thuật, Bắc Kinh, 2007).