

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA BIÊN DẠNG MẶT LĂN ĐẾN TÍNH NĂNG ĐỘNG LỰC HỌC CỦA TOA XE ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

STUDY ON THE INFLUENCE OF THE WHEEL PROFILE ON URBAN RAIL VEHICLE DYNAMICS

TS. Tào Văn Chiến

Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Khi bánh xe tiếp xúc với ray, biên dạng mặt lăn bánh xe và ray sẽ quyết định đến tham số hình học trong vùng tiếp xúc, từ đó ảnh hưởng đến tính năng động lực học của toa xe cũng như hao mòn bánh xe. Bài báo sử dụng phần mềm mô phỏng động lực học Simpack để xây dựng mô hình động lực học của toa xe. Sử dụng mô hình này để mô phỏng động lực học toa xe tuyến Cát Linh - Hà Đông khi sử dụng các biên dạng mặt lăn khác nhau. Căn cứ vào chỉ tiêu đánh giá tính năng động lực học của toa xe như tính bình ổn, tính năng an toàn thông qua đường cong để đánh giá ảnh hưởng của biên dạng mặt lăn đến tính năng động lực học của toa xe.

Từ khóa: Động lực học; Toa xe; Biên dạng mặt lăn; Đường sắt đô thị.

ABSTRACT

When the wheel is in contact with the rail, the parameters of the contact area will be determined by the wheel tread and rail profile, which will affect the vehicle dynamics and wheel wear. This paper uses Simpack software to build vehicle dynamics model. The model was used to simulate vehicles of Cat Linh - Ha Dong with different wheel profile. According to the smoothness index, the curve evaluates the influence of wheel tread on vehicle dynamic performance through performance index.

Keywords: Dynamics; Vehicle; Wheel profile; Urban rail.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, đường sắt đô thị ở nhiều nước rất phát triển. Một trong những yếu tố quan trọng để đảm bảo đoàn tàu vận hành an toàn đó là động lực học đoàn tàu. Do đó đã có nhiều nghiên cứu về tác dụng tương hỗ giữa đoàn tàu với đường ray, nghiên cứu về kết cấu và tính năng động lực của giá chuyển hướng kính [1, 2].

Trong nước đã có nhiều công trình nghiên cứu về tính năng động lực học thông qua đường cong của đầu máy, về vấn đề trật ray [3, 4]. Các nghiên cứu này chủ yếu là đoàn tàu đường sắt quốc gia, các nghiên cứu về động lực học đường sắt đô thị chưa nhiều. Do vậy, việc nghiên cứu về động lực học tương hỗ giữa đường sắt với đoàn tàu đường sắt đô thị và ảnh hưởng của biên dạng bánh xe đến động lực học có ý nghĩa nhất định.

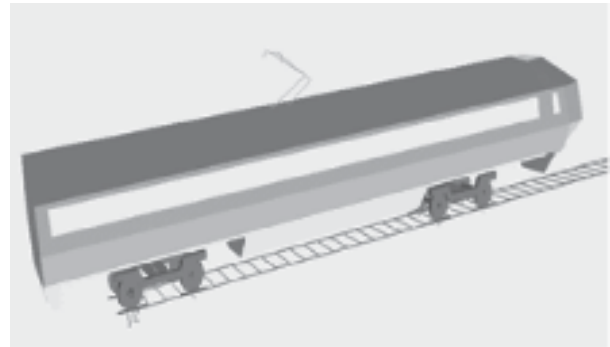
Trong báo cáo này, tác giả trình bày về mô hình động lực học của toa xe và ứng dụng mô hình này để mô phỏng, đánh giá ảnh hưởng của biên dạng mặt lăn đến tính năng động lực học của toa xe. Đối tượng nghiên cứu là toa xe kéo theo tuyến đường sắt đô thị Cát Linh - Hà Đông, và bánh xe dùng để mô phỏng là bánh xe toa xe tuyến Cát Linh - Hà Đông và bánh xe LM sử dụng trên đường sắt đô thị của Trung Quốc.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình động lực học của toa xe đường sắt đô thị

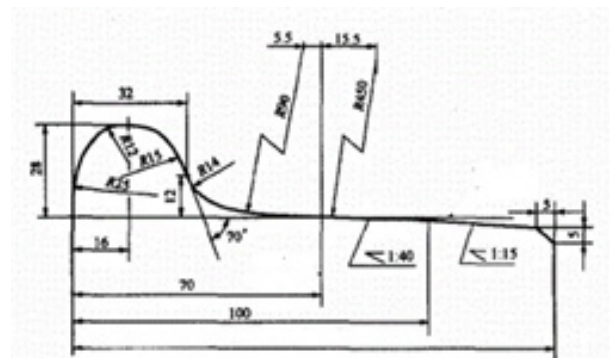
Để mô phỏng tính toán động lực học của toa xe kéo theo tuyến Cát Linh - Hà Đông, bài báo sử dụng phần mềm Simpack để thành lập mô hình động lực học [5], mô hình bao gồm

7 vật thể: thân xe, hai giá chuyển hướng và bốn bộ trục bánh xe. Trong mô hình còn khảo sát hệ đàn hồi 1 và 2, giảm chấn dọc, giảm chấn ngang... Mô hình động lực học của toa xe sau khi thành lập như hình 1.



Hình 1. Mô hình 3D nghiên cứu động lực học toa xe

Biên dạng mặt lăn bánh xe dùng trong quá trình mô phỏng như hình 2 và hình 3.



2.2. Chỉ tiêu đánh giá tính bình ổn dao động

Để đánh giá tính bình ổn dao động của toa xe, hiện nay phổ biến dùng chỉ tiêu tổng hợp, trong đó xét tới cả biên độ chấn động và tần số chấn động theo hướng chấn động khác nhau (thẳng đứng hoặc nằm ngang). Nếu gọi chỉ tiêu đánh giá tính bình ổn là W thì quan hệ giữa W với tần số biên động như sau [6, 7]:

$$W = 2,7K^{10}\sqrt{Z^3n^5} \quad (1)$$

Trong đó:

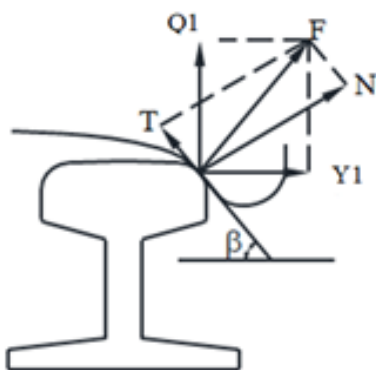
Z - Biên độ chấn động [cm].

N - Tần số chấn động cường bức [Hz].

K - Hệ số xét tới ảnh hưởng của hướng và tần số.

2.3. Chỉ tiêu đánh giá ổn định thông qua đường cong

Khi toa xe chuyển động trên đường cong, dưới tác dụng của hợp lực theo phương thẳng đứng và phương ngang, gờ của trục bánh áp sát vào ray ngoài. Tại thời điểm đó, nếu mối quan hệ giữa lực thẳng đứng và lực nằm ngang lên gờ bánh dẫn hướng không thỏa đáng sẽ làm cho gờ bánh trườn lên ray và xảy ra trật bánh [6, 7].



Hình 4. Tác dụng lực tại điểm tiếp xúc giữa bánh xe với ray

Điều kiện để đảm bảo sự an toàn trong quá trình chuyển động không bị trật bánh được xác định [8]:

$$\frac{Y_1}{Q_1} = \frac{tg\gamma - \mu}{1 + \mu tg\gamma} < 0,8 \quad (2)$$

Trong đó:

Q_1 - Tổng hợp các lực thẳng đứng tác dụng lên bánh dẫn [N].

Y_1 - Tổng hợp các lực ngang tác dụng lên gờ bánh [N].

μ - Hệ số ma sát giữa gờ bánh xe và đầu ray.

γ - Góc xung kích [rad].

Để đánh giá tính năng thông qua đường cong của toa xe, ngoài hệ số trật ray ra cần phải xét thêm hệ số giảm tải bánh xe [8].

$$\frac{\Delta P}{P} \leq 0,65$$

Trong đó:

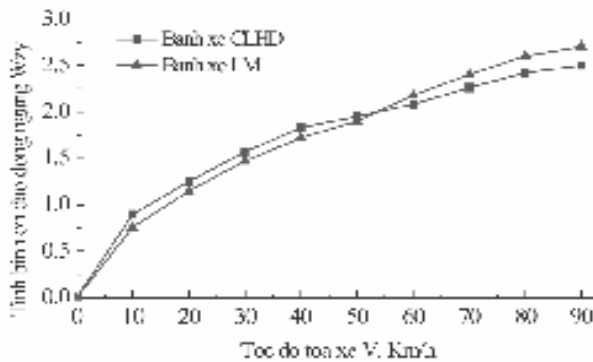
P - Tải trọng tĩnh bình quân các bánh xe ở một phía [N].

ΔP - Lượng giảm tải trên bánh xe [N].

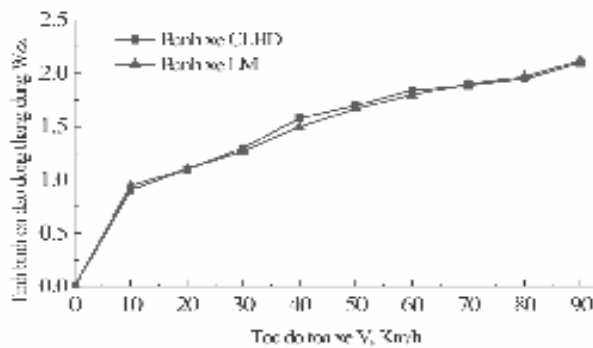
2.4. Đánh giá ảnh hưởng của biên dạng mặt lăn đến tính năng động lực học của toa xe

2.4.1. Ảnh hưởng của biên dạng mặt lăn đến tính bình ổn dao động

Sử dụng mô hình động lực học đã thành lập để mô phỏng động lực học của toa xe khi chạy trên đường thẳng với dải tốc độ từ 0 đến 90 km/h, với biên dạng mặt lăn khác nhau. Kết quả chỉ tiêu tính bình ổn như hình 5 và hình 6.



Hình 5. Chỉ tiêu đánh giá tính bình ổn dao động ngang



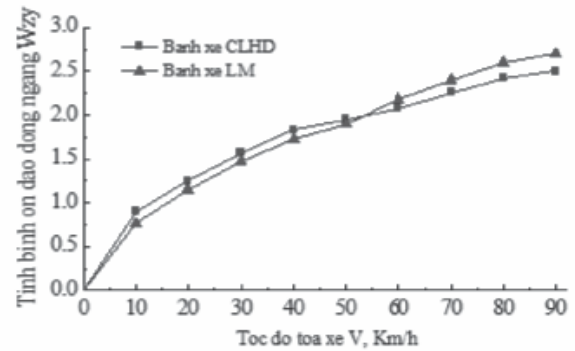
Hình 6. Chỉ tiêu đánh giá tính bình ổn dao động thẳng đứng

Từ hình 5 và 6 cho thấy, khi sử dụng biên dạng mặt lằn LM ở dải tốc độ trên 60 km/h thì chỉ số bình ổn dao động ngang lớn hơn so với khi sử dụng biên dạng bánh xe toa xe tuyến Cát Linh - Hà Đông. Chỉ số bình ổn dao động theo phương thẳng đứng khi sử dụng hai loại mặt lằn có sai lệch không nhiều. Dưới góc độ tính ổn định vận hành mà nói thì sử dụng biên dạng mặt lằn bánh xe toa xe tuyến Cát Linh - Hà Đông sẽ đạt được chỉ tiêu ổn định vận hành tốt hơn.

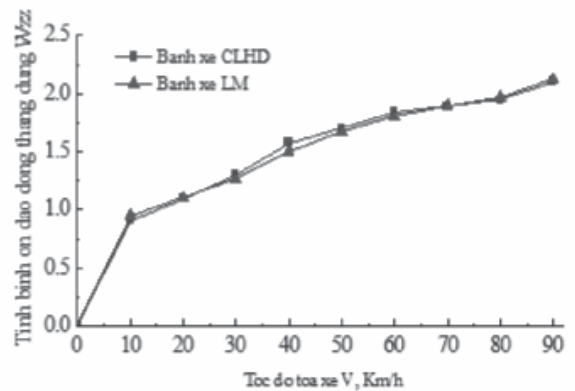
2.4.2. Ảnh hưởng của biên dạng mặt lằn đến tính năng thông qua đường cong của toa xe

Để đánh giá tính năng an toàn thông

qua đường cong của toa xe, tiến hành mô phỏng toa xe thông qua đường cong có bán kính khác nhau. Các tham số đường cong như bảng 1.



Hình 5. Sự thay đổi vận tốc bộ khóa nòng khi thay đổi khối lượng khóa nòng



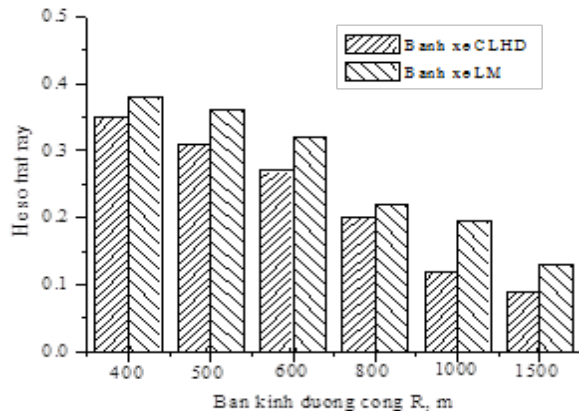
Hình 6. Sự thay đổi vận tốc bộ khóa nòng khi thay đổi độ cứng lò xo đẩy về

Bảng 1. Các bán kính đường cong dùng mô phỏng

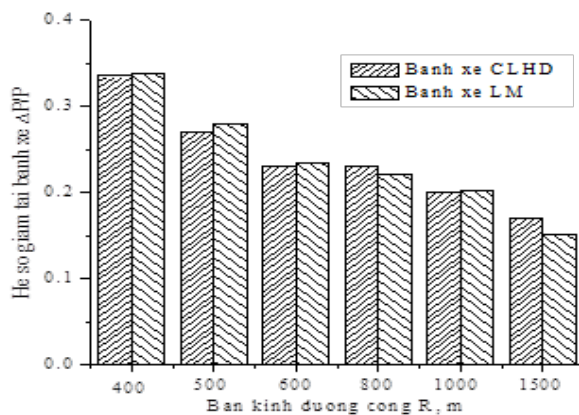
Bán kính đường cong R (m)	Đường cong hòa hoãn L _h (m)	Độ siêu cao h (mm)	Tốc độ vận hành (km/h)
400	150	80	70
500	120	60	70
600	100	50	70
800	100	30	70
1000	100	20	70
1500	100	20	70



Kết quả mô phỏng hệ số trật ray và hệ số giảm tải bánh xe lớn nhất khi toa xe thông qua đường cong có bán kính khác nhau như hình 7 và hình 8.



Hình 7. Hệ số trật ray



Hình 8. Hệ số giảm tải bánh xe

Từ hình 7 và 8 cho thấy, khi sử dụng hai biên dạng mặt lằn để mô phỏng động lực học của toa xe ở các bán kính khác nhau, các chỉ tiêu về tính năng an toàn thông qua đường cong đều thỏa mãn. Khi sử dụng biên dạng mặt lằn LM, hệ số trật ray lớn hơn so với khi sử dụng mặt lằn bánh xe tuyến Cát Linh - Hà Đông. Hệ số giảm tải trong hai trường hợp có sai khác không lớn. Như vậy, trong cùng điều kiện mô phỏng, tính năng an toàn thông qua đường cong khi sử dụng biên dạng mặt lằn tuyến Cát Linh - Hà Đông tốt hơn khi sử dụng biên dạng mặt lằn LM.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã sử dụng phần mềm Simpack để mô phỏng mô hình động lực học toa xe tuyến Cát Linh - Hà Đông. Thông qua chỉ tiêu tính bình ổn của toa xe và tính năng động lực học thông qua đường cong của toa xe để đánh giá tính năng động lực học của toa xe khi sử dụng các biên dạng mặt lằn khác nhau. Kết quả cho thấy, khi sử dụng hai loại biên dạng mặt lằn thì các chỉ tiêu động lực học đều thỏa mãn trị số quy định. Trong đó, sử dụng bánh xe tuyến Cát Linh - Hà Đông thì toa xe có tính năng động lực học tốt hơn so với mặt lằn LM.

Mô hình này có thể ứng dụng để nghiên cứu đánh giá các nhân tố khác như: điều kiện vận hành, tham số kỹ thuật của hệ thống treo... ảnh hưởng đến tính năng động lực học và hao mòn bánh xe toa xe.

Lời cảm ơn:

Tác giả bài báo xin cảm ơn Trường Đại học Giao thông Vận tải đã tài trợ cho nghiên cứu này trong khuôn khổ đề tài mã số T2022-CK-006.❖

Ngày nhận bài: 05/5/2022

Ngày phản biện: 10/5/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Oscarsson J; *Dynamic train-track-ballast interaction with unevenly distributed track properties*. Wear, 2015.
- [2]. 张健, 车辆_轨道耦合系统动力学的数值方法研究. 大连南交大大学, 2003.
- [3]. Lê Ngọc Khuê; *Các tiêu chí động học & động lực học của đầu máy toa xe*. NXB. Giao thông Vận tải, 2006.
- [4]. Nguyễn Văn Chuyên, Mai Văn Thắm; *Ảnh hưởng của tham số kết cấu đến tính năng thông qua của đầu máy*. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, 2012.
- [5]. 罗仁, 王哲, SIMPACK动力学分析高级教程. 成都, 西南交通大学出版社, 2010.
- [6]. Mai Văn Thắm; *Những phát triển gần nhất trong nghiên cứu trật ray đoàn tàu*. Tạp chí Giao thông Vận tải, (3), 83-88, 2017.
- [7]. Lê Văn Doanh; *Ổn định động lực học toa xe*. Bài giảng Cao học, 2004.
- [8]. TCVN 9273; *Phương tiện đường sắt đô thị khổ đường 1435 - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử*.