Transport and Communications Science Journal, Vol 70, Issue 5 (12/2019), 397-406

Transport and Communications Science Journal

RESEARCH ON INSTALLING AXLE BOX DAMPERS FOR BOLSTERLESS AIR SPRING BOGIES

Nguyen Trung Hieu[1], Kieu Cong Thanh[1]

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

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article
Received: 17/10/2019
Revised: 16/12/2019
Accepted: 16/12/2019
Published online: 16/1/2020
https://doi.org/10.25073/tcsj.70.5.4
[*] *Corresponding author*
Email: hieudmtx@utc.edu.vn

Abstract. Bolsterless air spring bogies having axle box dampers integrated in the middle of the steel springs does not guarantee operational features of wagons and might cause the bad impact on the dynamics of wagons. The article analyzes structural characteristics of axle boxes used steel springs in the bolsterless air spring bogies, calculates and compares the comfort index between axle boxes with and without additional dampers. The article also proposes plans to renovate axle boxes by installing additional vertical dampers for bolsterless air spring bogies, thereby increasing the dynamics to meet the operating requirements at a design speed of 120 km/h.

Keywords: *bogie, air spring, hydraulic damper, axle box.*

© 2019 University of Transport and Communications

Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải

NGHIÊN CỨU LẮP GIẢM CHẤN HỘP TRỤC CHO GIÁ CHUYỂN LÒ XO KHÔNG KHÍ KHÔNG XÀ NHÚN

Nguyễn Trung Hiếu[1], Kiều Công Thành[1]

[1]*Trường 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: 17/10/2019
Ngày nhận bài sửa: 16/12/2019
Ngày chấp nhận đăng: 16/12/2019
Ngày xuất bản Online: 16/1/2020
https://doi.org/10.25073/tcsj.70.5.4

[*] *Tác giả liên hệ*
Email: hieudmtx@utc.edu.vn

Tóm tắt: Giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún có giảm chấn thủy lực tích hợp ở giữa lò xo thép đang sử dụng hiện nay trên đường sắt Việt Nam không đảm bảo được tính năng hoạt động của toa xe, từ đó ảnh hưởng đến các chỉ tiêu động lực học. Bài báo phân tích đặc điểm kết cấu hộp trục sử dụng lò xo thép của giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún. Tính toán so sánh chỉ tiêu êm dịu giữa hộp trục có lắp thêm giảm chấn và hộp trục không có giảm chấn và đề ra phương án cải tạo hộp trục lắp thêm giảm chấn thẳng đứng cho giá chuyển lò xo không khí không xà nhún, để tăng tính năng động lực học đáp ứng yêu cầu vận hành với tốc độ thiết kế 120 km/h.

Từ khoá: *giá chuyển hướng, lò xo không khí, giảm chấn thủy lực, hộp trục.*

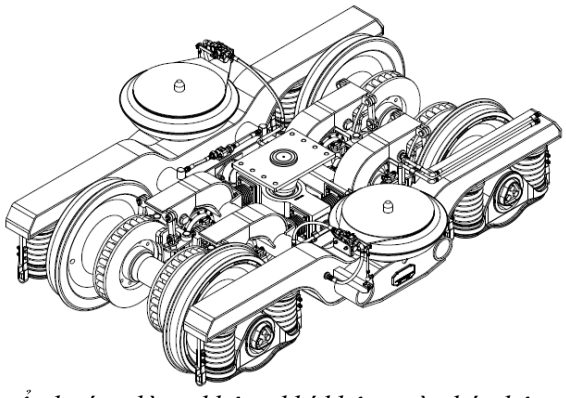
© 2019 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

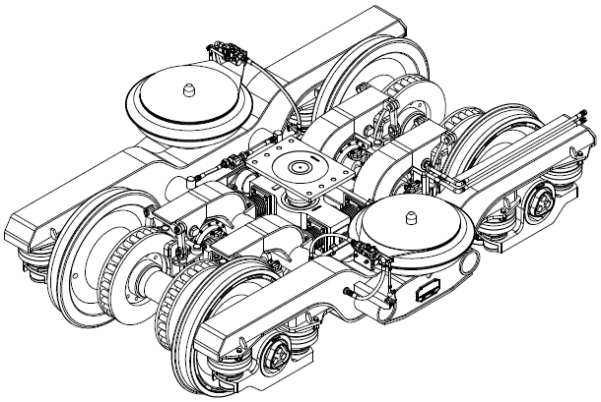
Giá chuyển hướng lò xo không khí do Việt Nam đóng mới, đang vận dụng có hai loại, loại có xà nhún và loại không có xà nhún. So sánh các loại giá chuyển hướng lò xo không khí (LXKK) thì giá chuyển hướng LXKK không xà nhún là loại ưu việt hơn [9] vì không có bàn trượt và thanh kéo dẫn lực hướng dọc, thân xe trực tiếp đặt lên lò xo trung ương, do đó giảm số lượng chi tiết, trọng lượng giảm, thuận tiện trong bảo dưỡng sửa chữa. Trên cơ sở thực tế, tính từ trước đây đến nay, toàn ngành đã chế tạo trên 70 toa xe lắp giá chuyển hướng LXKK không xà nhún, hầu như rất ít sự cố phản công [10]. Để phát huy các tính ưu việt, êm dịu giá chuyển hướng LXKK, thông qua các cuộc hội thảo, từ năm 2016 đường sắt Việt Nam đã lựa

chọn thiết kế toa xe khách đóng mới lắp giá chuyển hướng LXKK không xà nhún [5].

Giá chuyển hướng LXKK không xà nhún: Bao gồm hai loại (lò xo hộp trục bằng cao su tròn và bằng thép tròn):



***Hình 1**. Giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún hộp trục là lò xo thép.*

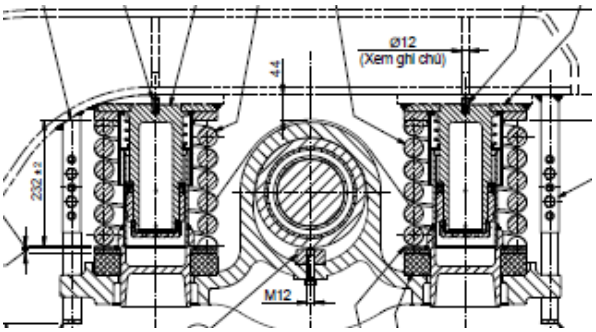


***Hình 2.** Giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún hộp trục là lò xo cao su.*

Giá chuyển hướng lò xo không khí (GCH LXKK) không xà nhún lò xo hộp trục bằng cao su được thiết kế dựa trên cơ sở GCH LXKK TSKZ26 do Nhà máy Đầu Máy Toa Xe Đường Sơn - Trung Quốc chế tạo. GCH LXKK không xà nhún lò xo hộp trục bằng thép là giá chuyển được đóng mới từ những năm 2002 theo thiết kế của Hội Đầu Máy Toa Xe (Chủ trì là Ban Đầu máy toa xe Tổng Công ty Đường sắt Việt Nam). Hai loại giá chuyển hướng này chủ yếu dựa trên GCH LXKK TSKZ26 của Trung Quốc, không có thay đổi nhiều về nguyên lý. Sử dụng ngay đặc tính chịu tải theo ba chiều của lò xo không khí. Lợi dụng đặc tính ngang của nó có thể bỏ được kết cấu xà nhún truyền thống của giá chuyển hướng, kết cấu giá chuyển sẽ đơn giản hơn, trọng lượng nhẹ hơn và dễ kiểm tra bảo dưỡng, sửa chữa.

Với giá chuyển sử dụng lò xo hộp trục là lò xo cao su có một số ưu điểm đó là: Có thể tùy ý lựa chọn hình dáng của lò xo nhằm đạt được các thông số theo yêu cầu thiết kế đặt ra; Tránh được sự mài mòn tương đối thường xảy ra với các kết cấu thép, các công việc duy tu,

sửa chữa, tháo lắp dễ dàng, không cần bôi trơn, có trọng lượng nhỏ hơn so với lò xo thép; Khi làm việc thường tạo ra trở lực bên trong, đem đến hiệu ứng giảm chấn đối với các dao động có tần số cao, cũng như có tác dụng cách âm tốt, nên có thể bỏ được giảm chấn thủy lực hộp trục. Tuy nhiên lò xo cao su có một số nhược điểm, chịu nhiệt kém và lão hóa, chất lượng các sản phẩm làm ra thường không đồng đều, lò xo cao su thường có đặc tính trễ trong quá trình tăng, giảm tải, do vậy độ cứng của các lò xo cao su thường có sự thay đổi tùy theo tính hình chịu tải. Mặt khác độ cứng của các lò xo còn thay đổi tùy theo nhiệt độ môi trường. Các lò xo cao su khi chịu tải thường có sự thay đổi hình dáng, cho dù không có sự thay đổi về thể tích. Do vậy việc sử dụng và lắp đặt các lò xo cao su phải thỏa mãn yêu cầu sao cho chúng có đủ không gian biến dạng và có thể thay đổi hình dáng về mọi phía. Độ tản nhiệt của cao su rất kém, cho nên không nên sử dụng lò xo cao su có khối hình lớn, nên sử dụng lò xo cao su được chia thành nhiều lớp với những tấm ngăn cách bằng kim loại. Việc kiểm tra, thử nghiệm lò xo cao su hiện nay còn nhiều khó khăn dẫn đến chất lượng lò xo cao su không được đảm bảo, sau một thời gian vận dụng xuất hiện nhiều hỏng hóc đặc biệt làm cho tính năng ổn định của giá chuyển lắp lò xo cao su kém, đã sảy ra nhiều sự cố gây trở ngại chạy tàu [10]. Để khắc phục và nâng cao hiệu quả vận dụng cũng như an toàn chạy tàu, kể từ năm 2016 Tổng công ty đường sắt Việt Nam đã mở các cuộc hội thảo lấy ý kiến của các bên liên quan và lựa chọn trong các thiết kế mới giá chuyển lò xo không khí lắp cho các toa xe cao cấp đều lựa chọn lò xo hộp trục là lò xo thép [8],[9]. Với kết cấu hộp trục sử dụng lò xo thép có trụ dẫn hướng và giảm chấn thủy lực bên trong như hình 3. Thiết kế ban đầu bên trong lò xo thép là giảm chấn thủy lực vừa có tác dụng giảm chấn theo phương thẳng đứng vừa dẫn hướng lò xo vừa truyền lực kéo từ đầu máy. Nhưng do quá trình chịu lực phức tạp và được chế tạo trong nước, các thông số giảm chấn đều không đảm bảo, nên hiện nay trụ này chỉ có tác dụng như một trụ dẫn hướng và truyền lực kéo (định vị dạng trụ dẫn hướng [13]), tác dụng giảm chấn gần như không được đảm bảo. Chính vì vậy kết cấu hộp trục loại này không có giảm chấn, dẫn đến các tính năng động lực giảm đặc biệt khi nâng cao tốc độ lên 120 km/h. Để đảm bảo tính năng động lực cho giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún có tốc độ thiết kế 120 km/h cần thiết phải có thêm giảm chấn thủy lực thẳng đứng tại hộp trục [4]. Bài báo này đưa ra các phương án lựa chọn lắp thêm giảm chấn thủy lực hộp trục cho giá chuyển lò xo không khí không xà nhún có tốc độ thiết kế 120 km/h.



***Hình 3**. Kết cấu hộp trục giá chuyển lò xo không khí.*

2. NỘI DUNG

2.1. Tính toán ảnh hưởng của giảm chấn thủy lực hộp trục đến tính năng êm dịu theo phương thẳng đứng của giá chuyển lò xo không khí không xà nhún.

Giả thiết tính toán với 2 trường hợp: Giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún lò xo hộp trục là lò xo thép không có giảm chấn (giảm chấn kiêm định vị trụ dẫn giữa lò xo mất hoàn toàn tác dụng) và trường hợp lắp thêm giảm chấn thủy lực với hệ số cản như thiết kế giá chuyển C = 20000Ns/m để tính toán và so sánh.

2.1.1. Các thông số tính toán.

Hiện nay trên các toa xe khách chạy với tốc độ cấu tạo đến 120km/h, thường lắp loại giảm chấn thủy lực ở bậc hộp trục với hệ số cản mỗi giảm chấn 20000 Ns/m. Đây là loại giảm chấn đã được sử dụng nhiều tại Việt Nam, nên để thuận tiện cho việc lắp lẫn cũng như chế tạo hoặc nhập khẩu, nên chọn loại giảm chấn này lắp cho hộp trục giá chuyển lò xo không khí. Lựa chọn toa xe An lắm giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún được thiết kế chế tạo tại Công ty cổ phần Xe lửa Dĩ An năm 2018, sử dụng vật liệu mới giảm tự nặng toa xe để tính toán kiểm nghiệm tính năng êm dịu cho hai trường hợp có lắp và không lắp giảm chấn hộp trục với các thông số kỹ thuật chính cho trong bảng 1 [11].

***Bảng 1**. Thông số kỹ thuật toa xe An lắp giá chuyển hướng lò xo không khí.*

TT	Thông số	Kí hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng thân xe (tự trọng + trọng tải thiết kế)	M	kg	43000
2	Khối lượng giữa 2 hệ lò so	m_{T1}, m_{T2}	kg	2.000
3	Mô men quán tính của thùng xe đối với trục oz	J_z	Ns^2m	1089093
4	Mô men quán tính của thùng xe đối với trục oy	J_y	Ns^2m	1091997
5	Khối lượng cặp bánh xe	m_q	kg	1500
6	Khối lượng dưới lò so	m	kg	3000
7	Khoảng cách từ trọng tâm thân xe tới mặt phẳng đi qua trung tâm trục xe	h_c	m	1,6
8	Độ cứng tổng cộng của lò xo trung ương của giá chuyển hướng theo phương thẳng đứng	k_1	N/m	Bảng 2
9	Độ cứng tổng cộng của lò xo hộp trục của giá chuyển hướng theo phương thẳng đứng	k_2	kN/m	3924
10	Hệ số cản của lò xo trung ương của giá chuyển theo phương thẳng đứng	c_1	Ns/m	Bảng 2
11	Hệ số cản của bộ giảm chấn lắp cùng với lò xo hộp trục của giá chuyển theo phương thẳng đứng	c_2	Ns/m	20.000
12	Độ cứng tổng cộng của các lò xo trung ương của giá chuyển hướng theo phương ngang	k_{1n}	N/m	Bảng 2
13	Độ cứng tổng cộng của các lò xo hộp trục của giá chuyển hướng theo phương ngang	k_{2n}	kN/m	5346

14	Hệ số cản của bộ giảm chấn lắp cùng với lò xo trung ương của giá chuyển theo phương ngang	c_{1n}	Ns/m	60.000
15	Cự ly 2 tâm cối chuyển (L=2l)	L = 2l	m	14
16	Khoảng cách 2 trục trong 1 giá chuyển	$L_T=2l_T$	m	2,2
17	Khoảng cách ngang của 2 lò xo bầu dầu	$2b_2$	m	1,575
18	Khoảng cách ngang của 2 lò xo trung ương	$2b_1$	m	1,85
19	Khoảng cách 2 điểm tiếp xúc giữa ray và bánh xe	2s	m	1,054
20	Bán kính vòng lăn bánh xe	r	m	0,419
21	Vận tốc của toa xe (biến đổi)	V	km/h	25 - 120

Bảng 2. *Độ cứng và hệ số cản theo phương thẳng đứng của lò xo không khí [6].*

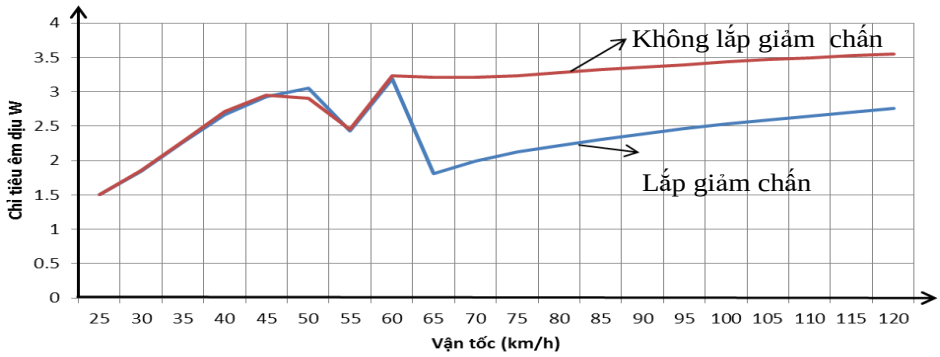
Vận tốc [km/h]	Có tải	
	K_{1z} [kN/m]	C_{1Z} [kN.s/m]
25	352	14,4
30	356	18,8
35	360	21,6
40	364	25,7
45	370	29,7
50	374	33,6
55	380	37,1
60	390	41,1
65	400	45,2
70	410	48,8
75	424	52,3
80	440	56,1
85	448	59,2
90	466	61,4
95	482	63,9
100	500	66,4
105	516	67,9
110	526	69,8
115	544	71,4
120	556	72,5

2.1.2. Tính toán chỉ tiêu êm dịu toa xe An lắp giá chuyển lò xo không khí không xà nhún.

Từ lý thuyết động lực học toa xe khách [1], [2], [3] xây dựng chương trình tính trên phần mềm Matlab với 2 trường hợp giá chuyển hướng lò xo không khí không có giảm chấn thẳng đứng tại hộp trục và có lắp giảm chấn tại hộp trục được các kết quả tính toán bảng 3.

Bảng 3. *Kết quả tính chỉ tiêu êm dịu toa xe An.*

Vận tốc toa xe [km/h]	Chỉ tiêu êm dịu khi có giảm chấn	Chỉ tiêu êm dịu khi không lắp giảm chấn
25	1,5059	1,5063
30	1,8477	1,8504
35	2,2593	2,2744
40	2,6669	2,7157
45	2,9231	2,9458
50	3,0508	2,9083
55	2,4258	2,4579
60	3,1892	3,2364
65	1,8117	3,2134
70	1,9944	3,2122
75	2,1208	3,2372
80	2,2155	3,2807
85	2,3058	3,3178
90	2,3901	3,3552
95	2,4626	3,3961
100	2,5288	3,4374
105	2,5933	3,4659
110	2,6508	3,4975
115	2,706	3,5255
120	2,758	3,5471



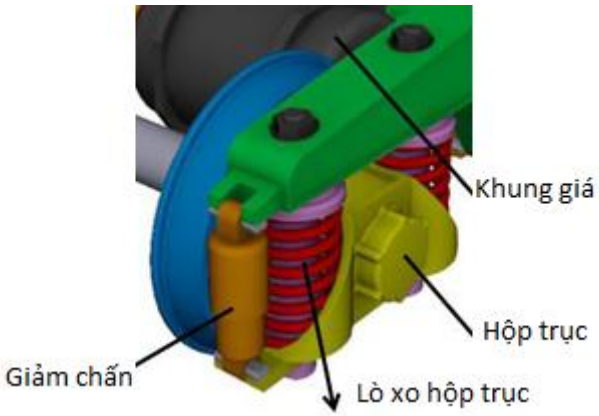
Hình 4*. Biểu đồ chỉ tiêu êm dịu theo vận tốc.*

Qua kết quả tính toán ta thấy với trường hợp có lắp 4 giảm chấn 20 kNs/m trong một giá chuyển tính năng êm dịu theo phương thẳng đứng của toa xe cải thiện đáng kể. Trong trường hợp không có giảm chấn chỉ tiêu êm dịu khi chạy tốc độ cao không được đảm bảo. Như vậy để đáp ứng được tốc độ thiết kế 120km/h, nên lắp thêm giảm chấn thẳng đứng tại hộp trục.

2.2. Lựa chọn vị trí lắp giảm chấn thủy lực

Trên cơ sở kết cấu hộp trục hiện có của giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún sử dụng lò xo hộp trục là lò xo thép, có thể lựa chọn được các vị trị để cải tạo lắp thêm giảm chấn thẳng đứng như sau.

- Phương án 1: giảm chấn thủy lực được lắp ở phía đầu khung giá (hình 5) [12]

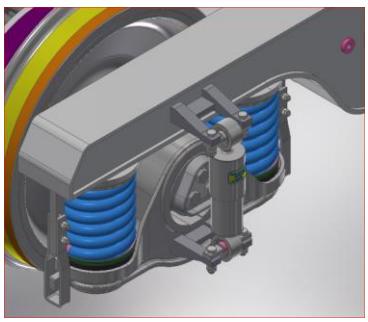


***Hình 5**. giảm chấn thẳng đứng hộp trục lắp tại đầu khung giá.*

- Phương án 2**:** giảm chấn thủy lực được lắp song song với lò xo thép (hình 6) [12]

***Hình 6**. Giảm chấn thủy lực lắp song song với lò xo thép.*

- Phương án 3: Giảm chấn thủy lực lắp tại đầu trục (hình 7) [12]



***Hình 7**. Giảm chấn lắm tại đầu trục.*

Với phương án 1 thuận lợi cho việc kiểm tra tháo lắp đầu trục nhưng sẽ làm lực tác dụng thẳng đứng truyền xuống trục bánh qua hai lò xo hộp trục không đều. Giảm chấn chịu lực lớn, yêu cầu độ bền và tính năng làm việc tốt, không thích hợp với kết cấu khung giá đang sử dụng vì sẽ bị vướng vào bộ phận tai treo an toàn hộp trục.

Phương án 2 phải chế tạo lại hộp trục, vị trí đế lò xo đảm bảo độ bền để lắp giảm chấn, ảnh hưởng đến độ bền hộp trục, không thích hợp với kết cấu của hộp trục đang sử dụng, nếu sử dụng phương án này phải thay đổi kết cấu hộp trục để đảm bảo độ bền và truyền đều lực xuống các lò xo.

Phương án 3 lực truyền vào giảm chấn và các lò xo là đồng đều, mang lại tính năng động lực và độ bền tốt cho hộp trục, dễ gia công chế tạo. Tuy nhiên việc lắp giảm chấn như vậy khó khăn cho việc kiểm tra bảo dưỡng ổ trục, nếu muốn kiểm tra phải tháo giảm chấn ra trước, trong quy trình sửa chữa đang áp dụng trên đường sắt Việt Nam thì việc tháo hộp trục chỉ thực hiện khi giải thể giá chuyển hướng. Khi đó các bộ phận giá chuyển hướng đều phải giải thể ra, nên nhược điểm của phương án này không ảnh hưởng nhiều đến quá trình vận dụng. Trong điều kiện kết cấu và tính năng hộp trục giá chuyển hướng lò xo không khí đang sử dụng thì phương án này là hợp lý nhất.

Vì vậy trong 3 phương án có thể lắp giảm chấn thẳng đứng phương án lắp giảm chấn thẳng đứng tại đầu trục là thuận tiện nhất và mang lại hiệu quả cao cho hệ treo sơ cấp, được sử dụng nhiều trong các kết cấu giá chuyển hướng trên thế giới [13].

Sau khi lựa chọn vị trí lắp giảm chấn tiến hành kiểm tra thổ giới hạn Đầu máy toa xe theo QCVN18:2018/BGTVT [7], thấy rằng vị trí này toàn bộ kết cấu giảm chấn nằm trong khổ giới hạn cho phép.

3. KẾT LUẬN

Qua kết quả tính toán với trường hợp giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún sử dụng lò xo hộp trục là lò xo thép nếu không được lắp thêm giảm chấn tại hộp trục chỉ tiêu êm dịu theo phương thẳng đứng rất kém. Khi lắp thêm giảm chấn tại hộp trục chỉ tiêu êm dịu được cải thiện đáng kể, toa xe chạy đến tốc độ 120km/h vẫn đảm bảo chỉ tiêu êm dịu cho phép. Vì vậy cần thiết phải có giảm chấn thủy lực hộp trục cho loại giá chuyển này.

Qua các kết quả đo đạt thử nghiệm được đường sắt Việt Nam thực hiện trên toa xe [4] chỉ số độ êm dịu theo phương thẳng đứng của toa xe lắp giá chuyển hướng lò xo không khí không xà nhún (chỉ số độ êm dịu vượt ngưỡng 3,45 ở 68/980 bản ghi, chiếm 9,9%. Mặc dù kết cấu của giá chuyển lò xo không khí không xà nhún sử dụng lò xo hộp trục là lò xo thép hiện đang sử dụng thì giảm chấn đã được tích hợp bên trong lò xo thép. Nhưng do chất lượng chế tạo, lắp ráp, kiểm tra, bảo dưỡng không đúng như các thông số thiết kế, có nhiều trường hợp các giảm chấn dò dầu nhớt không được khắc phục, dẫn đến tác dụng giảm chấn không được đảm bảo. Vì vậy kiến nghị trong thiết kế mới giá chuyển lò xo không khí không xà nhún, lò xo hộp trục lò xo thép lắp thêm giảm chấn thủy lực thay giảm chấn bên trong lò xo bằng trục dẫn hướng, để đảm bảo các thông số cản của giảm chấn, dễ dàng trong việc kiểm tra bảo dưỡng, sửa chữa.

Với kết cấu hộp trục đang sử dụng việc chọn vị trí lắp giảm chấn theo phương án 3 lắp tại đầu trục là hợp lý nhất vừa đảm bảo lực giảm chấn phân bố đều trên hệ treo sơ cấp, vừa đảm bảo độ bền kết cấu.

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-007. Cảm ơn Công ty cổ phần Xe lửa Dĩ An đã hỗ trợ, giúp đỡ thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] 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.

[2] 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.

[3]. Lã Ngọc Khuê, Động lực học vận hành của đầu máy toa xe, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội, 2015.

[4]. Khuất Tất Nhưỡng, Kỹ thuật đầu máy toa xe hiện đại, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2002.

[5]. Nguyễn Văn Ngọc, Chế tạo Giá chuyển hướng Lò xo không khí lắp trên toa xe khách thế hệ mới, Công ty cổ phần Xe lửa Dĩ An, 2016.

[6]. Nguyễn Đạt Tường, Lựa chọn lò xo không khí cho giá chuyển hướng toa xe khách Việt Nam, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông Vận tải, 2007.

[7]. QCVN 18: 2018/BGTVT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về kiểm tra, nghiệm thu toa xe khi sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu, 2018.

[8]. Tổng CT Đường sắt Việt Nam, Công văn số 3669/ĐS-ĐMTX V/v giá chuyển hướng LXKK, lò xo hộp trục lò xo thép, Hà Nội, ngày 05/11/2018.

[9]. CT CP Xe lửa Dĩ An, Công văn số 225/XLDA-KTCN V/v Chất lượng Toa xe sử dụng Giá chuyển hướng LXKK, Bình Dương, ngày 20/02/2019.

[10]. CT CP Vận tải Đường sắt Sài Gòn, Thông báo Số: 637/TB-VTSG về Kết quả Hội nghị phân tích, đánh giá chất lượng, bàn giải pháp khắc phục tồn tại toa xe khách sử dụng GCH LXKK, TP Hồ Chí Minh, ngày 14 tháng 5 năm 2018.

[11]. CT CP Xe Lửa Dĩ An, Hồ sơ thiết kế toa xe An110-SĐ5, Dĩ An, 2018.

[12]. Simon Iwnicki, Hanbook of railway vehicle dynamics, Taylor & Francis Group, 2006

[13]. Isao Okamoto, Raiwway technology today 5 How bogies work, Japan railway & transport review 18 (1998) 52-61. http://www.ejrcf.or.jp/jrtr/jrtr18/pdf/f52_technology.pdf