NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC ĐẾN DAO ĐỘNG CỦA XE KHÁCH SAMCO FELIX

RESEARCH ON THE EFFECT OF SPEED TO VIBRATIONS OF SAMCO FELIX COACH

Đoàn Nguyễn Uyên Minh[1], Nguyễn Văn Nghĩa[1], Nguyễn Đắc Hiển[1], Nguyễn Thanh Tùng[1,*]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.046

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ đến dao động của xe khách Samco Felix trên mặt đường ngẫu nhiên theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016. Phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS và phương trình Newton - Euler được sử dụng để xây dựng mô hình và hệ phương trình động lực học của xe. Kết quả khảo sát dao động bằng phần mềm Mathlab - Simulink cho thấy, khi xe chuyển động ở vận tốc V ≤ 75km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại D, hoặc ở vận tốc V ≤ 90km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại C, hoặc ở vận tốc V ≤ 100km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại B thì các thông số đánh giá về dao động của ô tô như độ êm dịu chuyển động và độ an toàn động lực học đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 6964 - ISO 2631 và tiêu chuẩn VDI - 2057.

Từ khóa: *An toàn; độ êm dịu; động lực học.*

ABSTRACT

This paper presents the results of studying the effect of speed on the vibration of Samco Felix coach on the random road surface according to ISO 8608:2016. The method of separating the structure of the multi-body system and the Newton - Euler equations is used to build the model and the system of dynamic equations of the vehicle. The results of the vibration survey using Mathlab - Simulink software show that when the vehicle moves at a speed of less than 75km/h on type D roads, or less than 90km/h on type C roads, or less than 100km/h on type B road, the evaluation parameters of vibration such as smoothness of movement and safety of dynamics all meet the requirements according to TCVN 6964 - ISO 2631 and VDI - 2057 standards.

Keywords: *Dynamics; safety; smoothness.*

[1]Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long
[*]Email: tungnt@vlute.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/6/2023
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 18/9/2023
Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

DANH MỤC KÝ HIỆU

x_c, y_c, z_c: Chuyển vị của thân xe theo phương x, y, z (m).

z_{A1}, z_{A2}: Chuyển vị theo phương thẳng đứng của cầu trước và cầu sau (m).

m_c, m_{A1}, m_{A2}: Khối lượng được treo và không được treo của cầu trước và cầu sau (kg).

β_c, φ_c, ψ_c: Góc quay của thân xe quanh trục x, y, z (độ).

l_1, l_2, h_c: Tọa độ trọng tâm của xe (m).

$2w_1$, $2w_2$: Khoảng cách nhíp bên trái và bên phải của cầu trước và cầu sau (m).

$2b_1$, $2b_2$: Vết bánh xe bên trái và bên phải của cầu trước và cầu sau (m).

F_{zt}, F_{zd}: Tải trọng tĩnh và tải trọng động tác dụng lên bánh xe (N).

F_C, F_K: Lực đàn hồi và lực giảm chấn của hệ thống treo (N).

F_{CL}: Lực đàn hồi của lốp (N).

J_{xc}, J_{yc}, J_{zc}: Momen quán tính của thân xe quanh trục x, y, z (Nm).

J_{xA1}, J_{xA2}: Momen quán tính của cầu trước và cầu sau quanh trục x (Nm).

β_{A1}, β_{A2}: Góc lắc ngang của cầu trước và cầu sau quanh trục x (độ).

1. GIỚI THIỆU

Theo tiêu chuẩn TCVN 6964:2008 - ISO 2631:2003 [1] và tiêu chuẩn Đức VDI- 2057:2017 [2] có hai tiêu chí cơ bản để đánh giá dao động của xe khách là: Độ êm dịu chuyển động và độ an toàn động lực học của xe. Bài báo này đã sử dụng tiêu chí "Gia tốc dao động" để đánh giá độ êm dịu chuyển động của xe và sử dụng tiêu chí "Hệ số tải trọng động lớn nhất (L_{dmax}) và nhỏ nhất (L_{dmin})" để đánh giá độ an toàn động lực học của xe khách Samco Felix [1, 2]. Giá trị gia tốc dao động giới hạn theo các phương OX, OY, OZ như sau [1, 2]:

$$a_x < 1{,}0 m/s^2;\ a_y < 0{,}7 m/s^2;\ a_z < 2{,}5 m/s^2$$

Hệ số tải trọng động lớn nhất (L_{dmax}) và nhỏ nhất (L_{dmin}) được xác định như sau [1, 2]:

$$L_{dmin} = \frac{F_{zt} + F_{zdmin}}{F_{zt}};\ 0 \le L_{dmin} \le 1$$

L_{dmin} = 0,5 là giới hạn cảnh báo; L_{dmin} = 0 là giới hạn can thiệp, xảy ra hiện tượng tách bánh (F_z = 0) [1,2].

$$L_{dmax} = \frac{F_{zt} + F_{zdmax}}{F_{zt}}$$

$L_{dmax} \leq 1,5$ là giới hạn đảm bảo độ bền của xe; $L_{dmax} > 1,5$ là giới hạn cảnh báo; $L_{dmax} > 2,5$ là giới hạn can thiệp [1, 2].

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC

Xe khách Samco Felix 29 chỗ có hai cầu sử dụng hệ thống treo cơ khí kiểu phụ thuộc, thân xe và cầu xe nối với nhau bằng hệ thống treo nhíp lá, giảm chấn bằng thủy lực. Xe có cấu trúc phức tạp, thuộc hệ nhiều vật, để mô tả dao động cho hệ nhiều vật nhóm tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS như hình 1 [3].

Dựa vào phương trình Newton-Euler, nhóm tác giả xây dựng được hệ phương trình dao động xe như các phương trình từ 1 đến 10 [4, 5]:

$$(m_c + m_{A1} + m_{A2})(\ddot{x}_c - \dot{\psi}_c \dot{y}_c) - F_{x11}\cos\delta_{11} - F_{x12}\cos\delta_{12} + F_{y11}\sin\delta_{11} + F_{y12}\sin\delta_{12} - F_{x21} - F_{x22} = 0 \quad (1)$$

$$(m_c + m_{A1} + m_{A2})(\ddot{y}_c + \dot{\psi}_c \dot{x}_c) - F_{x11}\sin\delta_{11} - F_{x12}\sin\delta_{12} + F_{y11}\cos\delta_{11} + F_{y12}\cos\delta_{12} - F_{y21} - F_{y22} = 0 \quad (2)$$

$$m_c \ddot{z}_c - F_{C11} - F_{K11} - F_{C12} - F_{K12} - F_{C21} - F_{K21} - F_{C22} - F_{K22} = 0 \quad (3)$$

$$J_{xc}\ddot{\beta}_c = (F_{C12} + F_{K11} - F_{C11} - F_{K11})w_1 + (F_{C22} + F_{K22} - F_{C21} - F_{K21})w_2 \quad (4)$$

$$J_{y_c}\ddot{\varphi}_X - l_1(F_{C11}+F_{K11}+F_{C12}+K_{K12}) + l_2(F_{C21}+F_{K21}+F_{C22}+K_{K22}) - (M_{1j}+M_{2j}) = 0 \quad (5)$$

$$J_{zc}\ddot{\psi}_c - (F_{x11}\sin\delta_{11} + F_{x12}\sin\delta_{12} + F_{y11}\cos\delta_{11} + F_{y12}\cos\delta_{12})l_1 - (F_{x22} - F_{x21})b_2 - (F_{x12}\cos\delta_{12} - F_{x11}\cos\delta_{11} + F_{y11}\sin\delta_{11} - F_{y12}\sin\delta_{12})b_1 + (F_{y21} + F_{y22})l_2 = 0 \quad (6)$$

$$m_{A1}\ddot{z}_{A1} - F_{CL11} - F_{CL12} + F_{K11} + F_{C11} + F_{K12} + F_{C12} = 0 \quad (7)$$

$$J_{Ax1}\ddot{\beta}_{A1} - (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})w_1 - (F_{CL12} - F_{CL11})b_1 = 0 \quad (8)$$

$$m_{A2}\ddot{z}_{A2} - F_{CL21} - F_{CL22} + F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22} = 0 \quad (9)$$

$$J_{xA2}\ddot{\beta}_{A2} - (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})w_2 - (F_{CL22} - F_{CL21})b_2 = 0 \quad (10)$$

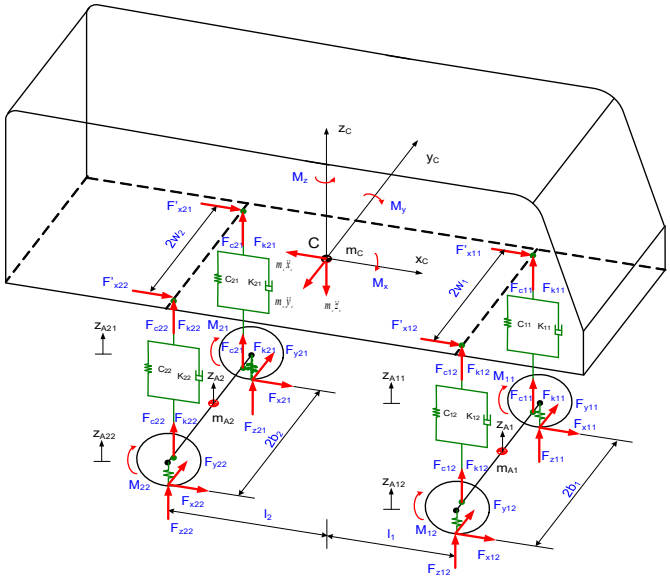
Hệ phương trình động lực học của bốn bánh xe được thể hiện trong các phương trình từ 11 đến 14 [4, 5]:

$$J_{Ay11}\ddot{\varphi}_{11} - M_{A11} + M_{B11} + F_{x11}r_{d11} = 0 \quad (11)$$

$$J_{Ay12}\ddot{\varphi}_{12} - M_{A12} + M_{B12} + F_{x12}r_{d12} = 0 \quad (12)$$

$$J_{Ay21}\ddot{\varphi}_{21} - M_{A21} + M_{B21} + F_{x21}r_{d21} = 0 \quad (13)$$

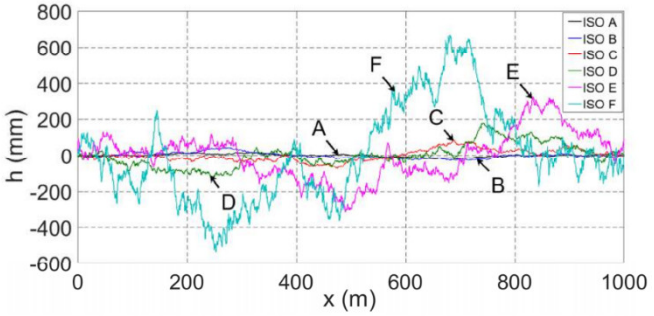
$$J_{Ay22}\ddot{\varphi}_{22} - M_{A22} + M_{B22} + F_{x22}r_{d22} = 0 \quad (14)$$



Hình 1. Mô hình động lực học xe khách Samco Felix

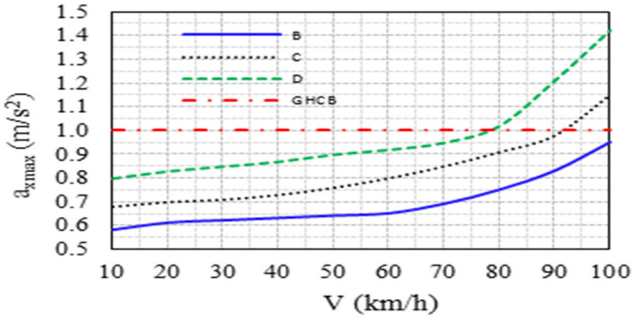
3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT VÀ THẢO LUẬN

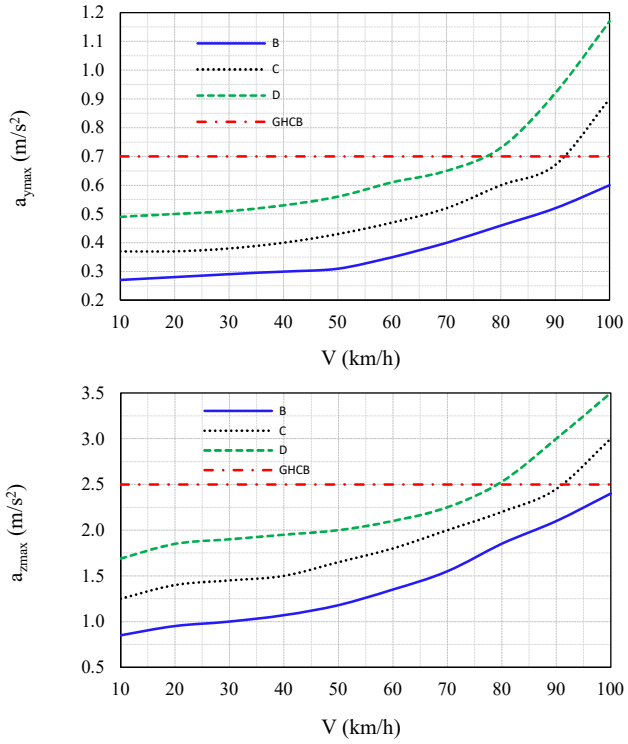
Bài báo sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát dao động xe khách Samco Felix. Điều kiện khảo sát là cho xe chở đầy tải chạy ở các vận tốc khác nhau từ 10km/h đến 100km/h trên ba loại mặt đường ngẫu nhiên loại B, C, D theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6] như hình 2.



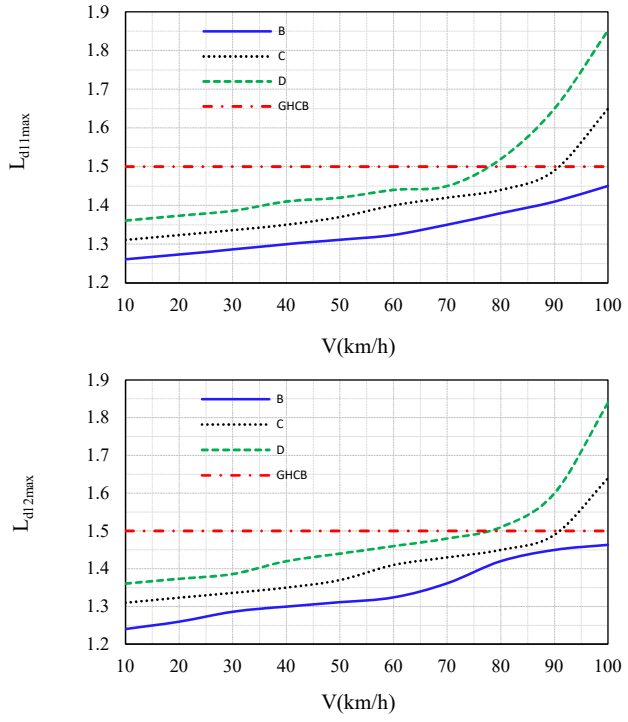
Hình 2. Biên dạng mặt đường ngẫu nhiên theo ISO 8608:2016

Hình 3 là đồ thị gia tốc dao động của xe khách Samco Felix theo ba phương x, y, z khi xe chở đầy tải chạy ở các vận tốc khác nhau từ 10km/h đến 100km/h trên ba mặt đường ngẫu nhiên loại B, C, D theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016. Ta thấy để xe khách Samco Felix đảm bảo độ êm dịu chuyển động theo tiêu chuẩn TCVN 6964 - ISO 2631 và VDI - 2057 [1, 2] thì tốc độ lớn nhất của xe khi chạy trên đường loại D là 80 km/h, loại C là 90 km/h và loại B là 100km/h.





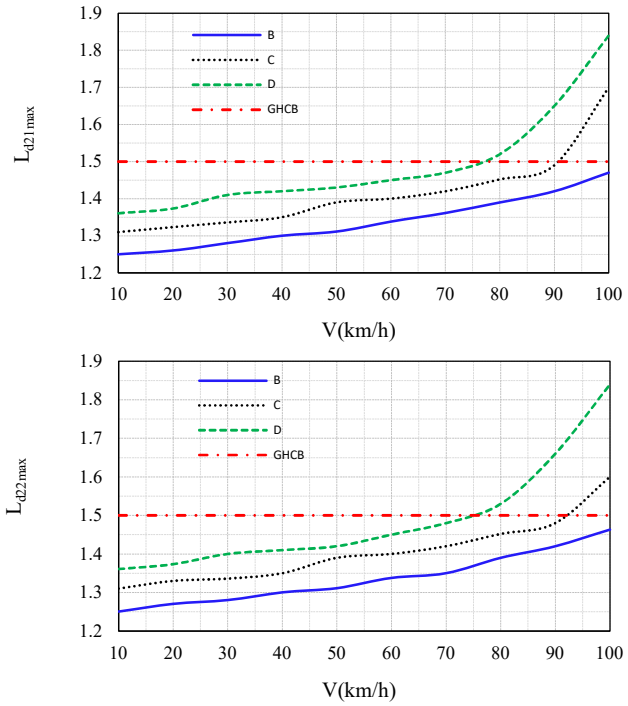
Hình 3. Đồ thị gia tốc dao động theo ba phương x, y, z



Hình 4. Hệ số tải trọng động lớn nhất của bánh xe trước trái và phải

Đồ thị hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên các bánh xe trước bên trái và bên phải khi xe khách Samco Felix chở đầy tải chạy ở các vận tốc khác nhau từ 10km/h đến 100km/h trên ba mặt đường ngẫu nhiên loại B, C, D theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 được trình bày trong hình 4. Ta thấy khi xe chuyển động ở vận tốc V ≤ 75km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại D, hoặc ở vận tốc V ≤ 90km/h trên mặt đường loại C, hoặc ở vận tốc V ≤ 100km/h trên mặt đường loại B thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên các bánh xe cầu trước có giá trị nhỏ hơn giới hạn cảnh báo (L_{dmax} < 1,5) nên xe đảm bảo độ an toàn động lực học, dao động ô tô không ảnh hưởng đến tuổi thọ của xe và đường [1,2].

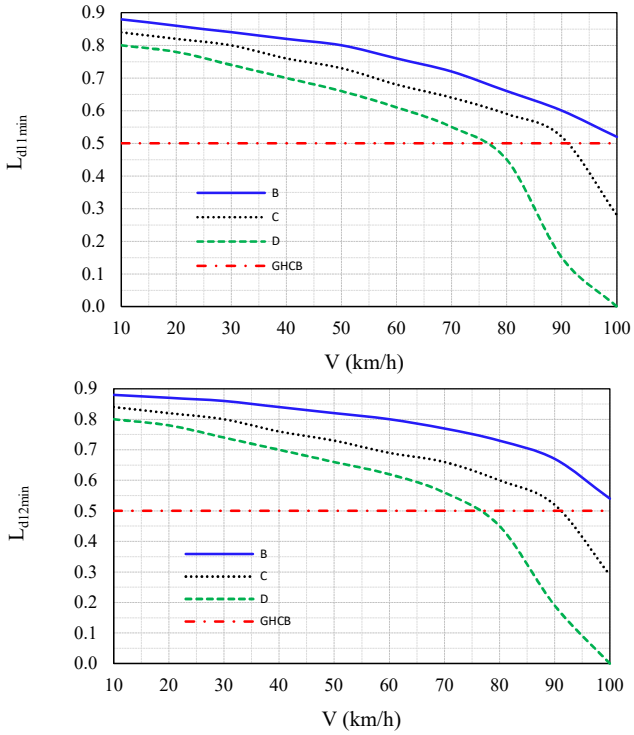
Tương tự, khi xe chuyển động ở vận tốc V ≤ 75km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại D, hoặc ở vận tốc V ≤ 90km/h trên mặt đường loại C, hoặc ở vận tốc V ≤ 100km/h trên mặt đường loại B thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên các bánh xe cầu sau có giá trị nhỏ hơn giới hạn cảnh báo (L_{dmax} < 1,5) nên xe đảm bảo độ an toàn động lực học, dao động ô tô không ảnh hưởng đến tuổi thọ của xe và đường [1, 2] (hình 5).



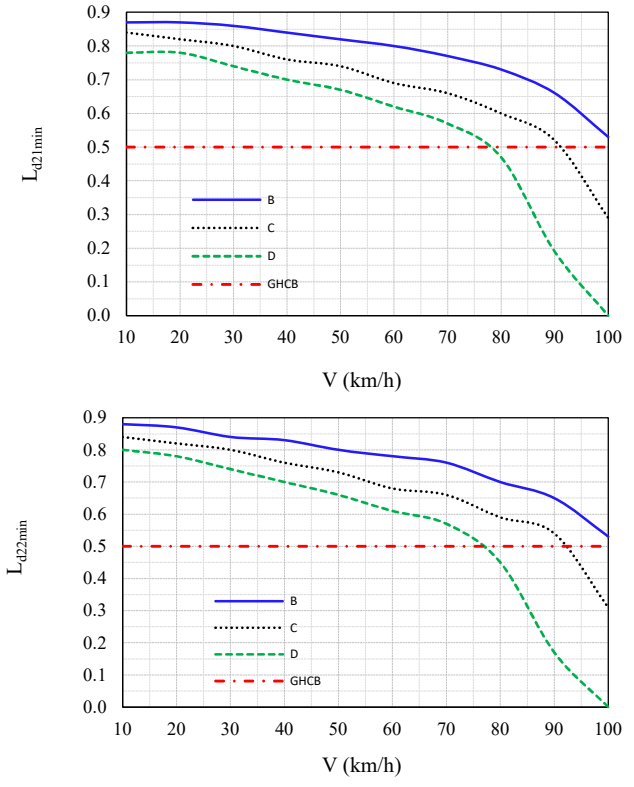
Hình 5. Hệ số tải trọng động lớn nhất của bánh xe sau trái và phải

Hình 6 là đồ thị hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên các bánh xe trước bên trái và bên phải khi xe khách Samco Felix đầy tải chạy ở các vận tốc khác nhau từ 10km/h đến 100km/h trên ba mặt đường ngẫu nhiên B, C, D. Ta thấy khi xe chuyển động ở vận tốc V ≤ 75km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại D, hoặc ở vận tốc V ≤ 90km/h trên mặt đường loại C, hoặc ở vận tốc V ≤ 100km/h trên mặt đường loại B thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên các bánh xe cầu trước có giá trị lớn hơn giới hạn cảnh báo (L_{dmin} > 0,5) nên xe đảm bảo độ an toàn động lực học, đảm bảo khả năng truyền lực và tính dẫn hướng [1, 2].

Tương tự khi xe chuyển động ở vận tốc V ≤ 75km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại D, hoặc ở vận tốc V ≤ 90km/h trên mặt đường loại C, hoặc ở vận tốc V ≤ 100km/h trên mặt đường loại B thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên các bánh xe cầu sau có giá trị lớn hơn giới hạn cảnh báo (L_{dmin} > 0,5) nên xe đảm bảo độ an toàn động lực học, đảm bảo khả năng truyền lực và tính dẫn hướng [1 ,2].



Hình 6. Hệ số tải trọng động nhỏ nhất của bánh xe trước trái và phải



Hình 7. Hệ số tải trọng động nhỏ nhất của bánh xe sau trái và phải

4. KẾT LUẬN

Khi xe khách Samco Felix chuyển động ở vận tốc V ≤ 75km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại D, hoặc ở vận tốc V ≤ 90km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại C, hoặc ở vận tốc V ≤ 100km/h trên mặt đường ngẫu nhiên loại B theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6] thì các thông số đánh giá về dao động của ô tô như độ êm dịu chuyển động (gia tốc dọc, gia tốc ngang, gia tốc thẳng đứng) và độ an toàn động lực học (hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên các bánh xe, hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên các bánh xe) đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 6964 - ISO 2631 [1] và tiêu chuẩn VDI - 2057 của Đức [2].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 6964:2008-ISO 2631:2003. *Mechanical vibrations and vibrations - Evaluation of human exposure to whole-body vibration*.

[2]. VDI 2057-1:2017. *Human exposure to mechanical vibrations whole body vibration*. Germany standard.

[3]. Reza N. Jazar, *Advanced vehicle dynamics*. Springer Nature Switzerland AG, 2019.

[4]. Nguyen Thanh Tung, Vo Van Huong, "Research on the dynamic load of the tractor semi-trailer when braking on the round road," *Lecture notes in mechanical engineering*, Springer Verlag, 456-461, 2021.

[5]. Nguyen Thanh Tung, Vo Van Huong, "Setting up the 3D dynamic model to study the dynamic wheel load of the tractor semi-trailer," *Journal of Physics*, IOP Publishing, 2022. doi:10.1088/1742-6596/2022/1/012025.

[6]. ISO 8608:2016. *Mechanical vibration - Road Surface Profiles - Reporting of Measured Data*. International Organization for Standardization.

AUTHORS INFORMATION

Doan Nguyen Uyen Minh, Nguyen Van Nghiia, Nguyen Duc Hien, Nguyen Thanh Tuung

Vinh Long University of Technology and Education, Vietnam