

MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG DAO ĐỘNG CỦA XE TẢI HAI CẦU KHI CHẠY TRÊN MẶT ĐƯỜNG NGẪU NHIÊN

MODELING AND VIBRATION SIMULATION OF A TWO-AXLE TRUCK WHEN RUNNING ON RANDOM ROADS

ĐOÀN NGUYỄN UYÊN MINH^{1a},
NGUYỄN VĂN NGHĨA², NGUYỄN ĐẮC HIỀN³

¹Trường Cao đẳng nghề An Giang;

²Trường Trung cấp Cai Lậy;

³Trường Trung cấp nghề Hùng Vương

^aTác giả liên hệ: dnuminh1977@gmail.com

Nhận bài(Received): 1/7/2023; Phản biện (Reviewed): 21/7/2023; Chấp nhận (Accepted): 31/7/2023

TÓM TẮT

Bài báo sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS và phương trình Newton-Euler để xây dựng mô hình và thiết lập hệ phương trình động lực học xe tải hai cầu. Nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát dao động xe tải hai cầu khi chạy trên mặt đường ngẫu nhiên theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 ở vận tốc $V = [30 \div 80]$ km/h. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi xe tải hai cầu được chất đầy tải chạy trên các mặt đường ngẫu nhiên loại B và C ở vận tốc $V = [30 \div 80]$ km/h thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất có giá trị lớn hơn 0,5; hệ số tải trọng động lớn nhất có giá trị nhỏ hơn 1,5 và gia tốc dao động thân xe có giá trị nhỏ hơn 3m/s^2 nên dao động xe tải đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997. Còn khi xe chạy trên mặt đường loại D ở vận tốc lớn hơn 50km/h hoặc trên mặt đường loại E ở vận tốc lớn hơn 40km/h thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất có giá trị nhỏ hơn 0,5 và gia tốc dao động thân xe có giá trị lớn hơn 3m/s^2 nên dao động xe tải vượt quá giới hạn cho phép của tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997, xe không đảm bảo độ êm dịu chuyển động, độ an toàn động lực học và độ bền.

Từ khoá: Dao động, xe tải hai cầu.

ABSTRACT

The paper used the method of splitting the structure of the multi-body system and the Newton-Euler equations to build a model and set up a system of dynamic equations of a two-axle truck. The authors used Matlab-Simulink software to survey the vibrations of a two-axle truck when running on random pavement according to ISO 8608:2016 at speed $V = [30 \div 80]$ km/h. Research results show that when a fully loaded two-axle truck runs on random pavements of grades B and C at a speed of $V = [30 \div 80]$ km/h, the minimum dynamic load factor is greater than 0.5; the maximum dynamic load factor is less than 1.5 and the vehicle body vibration acceleration is less than 3m/s^2 ; therefore, the truck vibration meets the requirements of ISO 2631-1:1997. When the truck is traveling at a speed greater than 50km/h (on class D road surface) or at a speed greater than 40km/h

(on class E road surface), the minimum dynamic load factor is less than 0.5 and the vehicle body vibration acceleration is greater than $3m/s^2$, so the truck vibration exceeds the allowable limit of ISO 2631-1:1997, the vehicle's movement smoothness, and dynamic safety and durability are not guaranteed.

Keywords: Vibrations, two-axle truck.

1. GIỚI THIỆU

Dao động của xe theo phương thẳng đứng, lắc dọc, lắc ngang xảy ra khi xe chuyển động trên đường do tác động của người lái và các yếu tố ngoại cảnh gây ảnh hưởng xấu tới người ngồi trên xe, hàng hóa và độ bền của xe [1, 2]. Trong đó mấp mô mặt đường được xem là nguồn kích thích chính gây ra dao động của xe trong quá trình làm việc. Trong bài báo này nhóm nghiên cứu sử dụng các chỉ tiêu đánh giá dao động theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3] như sau:

- Hệ số tải trọng động nhỏ nhất L_{dmin} :

$$L_{dmin} = \frac{F_{zmin}}{F_G} \quad (1)$$

Tiêu chí này dùng để đánh giá khả năng truyền lực của bánh xe và độ an toàn động lực học của xe tải. $L_{dmin} = 0,5$ là giới hạn cảnh báo; $L_{dmin} = 0$ là giới hạn can thiệp;

- Hệ số tải trọng động lớn nhất L_{dmax} :

$$L_{dmax} = \frac{F_{zmax}}{F_G} \quad (2)$$

$$(m + m_{A1} + m_{A2})(\ddot{x} - \dot{\psi}\dot{y}) = F_{x11} \cos \delta_{11} + F_{x12} \cos \delta_{12} - F_{y11} \sin \delta_{11} - F_{y12} \sin \delta_{12} + F_{x21} + F_{x22} \quad (3)$$

$$(m + m_{A1} + m_{A2})(\ddot{y} + \dot{\psi}\dot{x}) = F_{x11} \sin \delta_{11} + F_{x12} \sin \delta_{12} - F_{y11} \cos \delta_{11} - F_{y12} \cos \delta_{12} + F_{y21} + F_{y22} \quad (4)$$

$$J_z \ddot{\psi} = (F_{x11} \sin \delta_{11} + F_{x12} \sin \delta_{12} + F_{y11} \cos \delta_{11} + F_{y12} \cos \delta_{12})l_1 + (F_{x22} - F_{x21})b_2 \quad (5)$$

$$+ (F_{x12} \cos \delta_{12} - F_{x11} \cos \delta_{11} + F_{y11} \sin \delta_{11} - F_{y12} \sin \delta_{12})b_1 - (F_{y21} + F_{y22})l_2$$

$$m\ddot{z} = F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12} + F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22} \quad (6)$$

$$J_y \ddot{\phi} = l_1(F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12}) - l_2(F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22}) + (M_{l1} + M_{l2}) \quad (7)$$

$$J_x \ddot{\beta} = (F_{C12} + F_{K11} - F_{C11} - F_{K11})w_1 + (F_{C22} + F_{K22} - F_{C21} - F_{K21})w_2 \quad (8)$$

$$m_{A1} \ddot{z}_{A1} = F_{CL11} + F_{CL12} - F_{K11} - F_{C11} - F_{K12} - F_{C12} \quad (9)$$

$$J_{Ax1} \ddot{\beta}_{A1} = (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})w_1 + (F_{CL12} - F_{CL11})b_1 \quad (10)$$

$$m_{A2} \ddot{z}_{A2} = F_{CL21} + F_{CL22} - F_{C21} - F_{K21} - F_{C22} - F_{K22} \quad (11)$$

$$J_{xA2} \ddot{\beta}_{A2} = (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})w_2 + (F_{CL22} - F_{CL21})b_2 \quad (12)$$

Tiêu chí này dùng để đánh giá độ bền, độ êm dịu chuyển động và độ an toàn động lực học của xe tải. $L_{dmax} = 1,5$ là giới hạn cảnh báo; $L_{dmax} = 2,5$ là giới hạn can thiệp;

- Gia tốc dao động lớn nhất của thân xe theo phương thẳng đứng \ddot{z}_{max} : Tiêu chí này dùng để đánh giá độ êm dịu chuyển động, độ an toàn cho hàng hóa và độ bền cho xe. $\ddot{z}_{max} = 3m/s^2$ là giới hạn cảnh báo; $\ddot{z}_{max} = 5m/s^2$ là giới hạn can thiệp.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC

Đối tượng nghiên cứu của bài báo là xe tải Thaco hai cầu sử dụng hệ thống treo cơ khí kiểu phụ thuộc, xe tải hai cầu thuộc hệ nhiều vật, để thiết lập mô hình động lực học, các tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS như hình 1 [4, 5].

Sử dụng phương trình Newton-Euler để thiết lập hệ phương trình động lực học của xe tải Thaco hai cầu như sau [4, 5]:

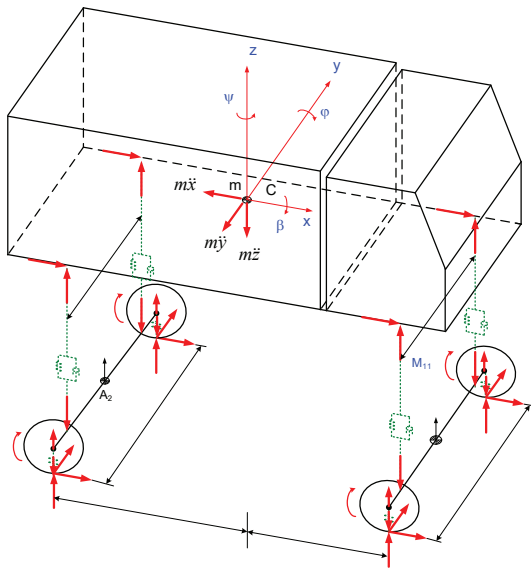
Hệ phương trình động lực học của bốn bánh xe được thể hiện trong các phương trình như sau [4, 5]:

$$J_{Ay11}\ddot{\phi}_{11} = M_{A11} - M_{B11} - F_{x11}r_{d11} \quad (13)$$

$$J_{Ay12}\ddot{\phi}_{12} = M_{A12} - M_{B12} - F_{x12}r_{d12} \quad (14)$$

$$J_{Ay21}\ddot{\phi}_{21} = M_{A21} - M_{B21} - F_{x21}r_{d21} \quad (15)$$

$$J_{Ay22}\ddot{\phi}_{22} = M_{A22} - M_{B22} - F_{x22}r_{d22} \quad (16)$$



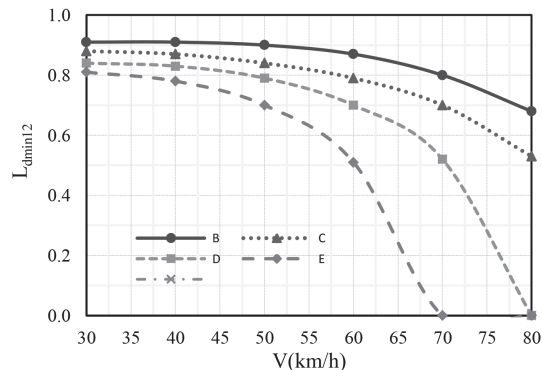
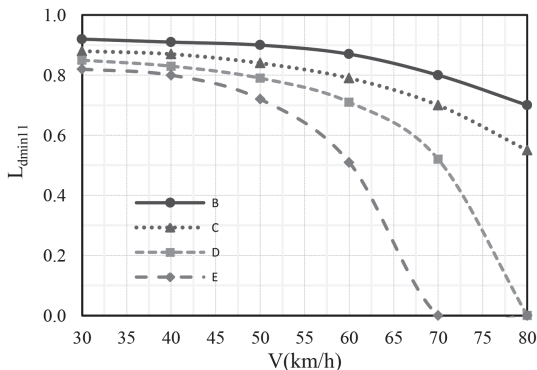
Hình 1. Mô hình động lực học xe tải Thaco hai cầu

3. KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ

Sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát ảnh hưởng của mấp mô mặt

đường và vận tốc chuyển động đến dao động của xe tải Thaco hai cầu. Giả thiết xe tải Thaco hai cầu chở đầy tải chạy trên các mặt đường ngẫu nhiên loại B, C, D, E theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6] ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h.

Đường A, B, C, D trên đồ thị biểu diễn hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe trước bên trái (L_{dmin11}) và bên phải (L_{dmin12}) khi xe chạy trên các mặt đường ngẫu nhiên loại B, C, D, E theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6]. Khi xe chạy ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h trên các mặt đường loại B hoặc C, hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe trước có giá trị lớn hơn 0,5, điều này cho thấy bánh xe đảm bảo khả năng truyền lực và độ an toàn động lực học. Khi xe chạy ở vận tốc trên 70km/h trên đường loại D hoặc 60km/h trên đường loại E, hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe trước nằm trong vùng giới hạn cảnh báo, $0 < L_{dmin} < 0,5$. Khi xe chạy ở vận tốc trên 70km/h trên đường loại E thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe trước nằm trong vùng giới hạn can thiệp, $k_{dmin} = 0$, lúc này xe không đảm bảo khả năng truyền lực và độ an toàn động lực học, không đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3].



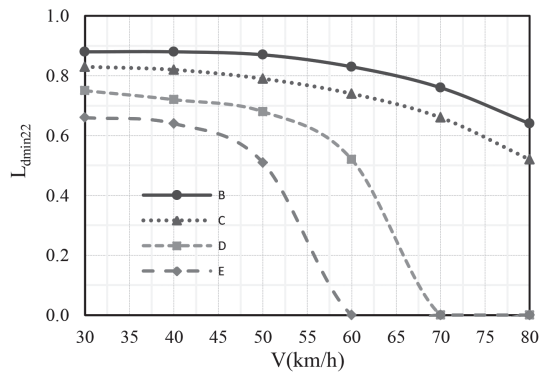
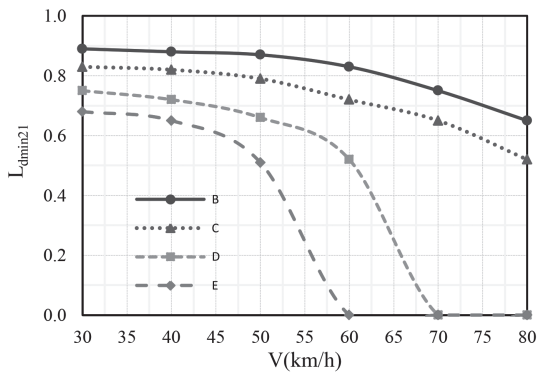
Hình 2. Hệ số tải trọng động nhỏ nhất của bánh xe trước trái và phải

Hình 3 là đồ thị hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe sau bên trái (L_{dmin21}) và bên phải (L_{dmin22}) khi xe chạy

trên các mặt đường loại B, C, D, E theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6] ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h. Ta thấy, trên các

mặt đường loại B, C thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe sau xe có giá trị lớn hơn 0,5 nên xe đảm bảo khả năng truyền lực của bánh xe và độ an toàn động lực học. Khi xe chạy trên đường loại D ở vận tốc lớn hơn 60km/h hoặc đường loại E ở vận tốc lớn hơn 50km/h thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe sau nằm trong vùng giới hạn cảnh báo;

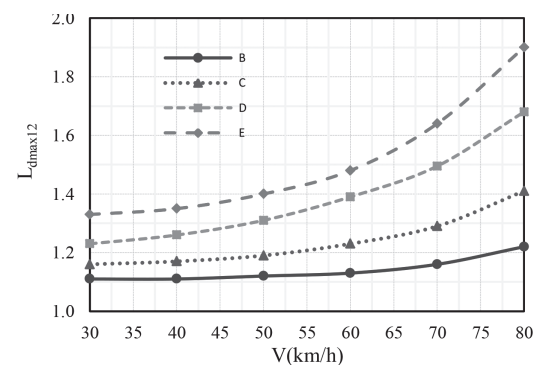
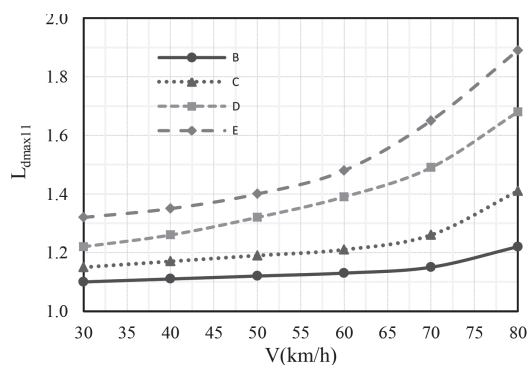
còn khi xe chạy trên đường loại D ở vận tốc lớn hơn 70km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc lớn hơn 60km/h thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe sau nằm trong vùng giới hạn can thiệp, lúc này xe không đảm bảo khả năng truyền lực và độ an toàn động lực học, xe không đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3].



Hình 3. Hệ số tải trọng động nhỏ nhất của bánh xe sau trái và phải

Theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6], khi xe chạy trên các mặt đường loại B, C, D và E ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác động lên bánh xe trước bên trái (L_{dmax11}) và bên phải (L_{dmax12}) được hiển thị trong hình 4. Trên các mặt đường loại B, C thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên bánh xe trước có giá trị lớn hơn 1,5 nên xe đảm bảo độ bền, độ êm dịu chuyển động và độ an

toàn động lực học. Còn khi xe chạy trên đường loại D ở vận tốc trên 70km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc trên 60km/h thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên bánh xe trước xe có giá trị lớn hơn 1,5, nằm trong vùng giới hạn cảnh báo, nên xe không đảm bảo độ bền, độ êm dịu chuyển động và độ an toàn động lực học, theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3].



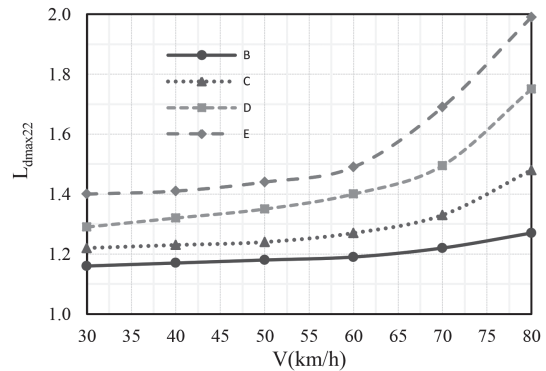
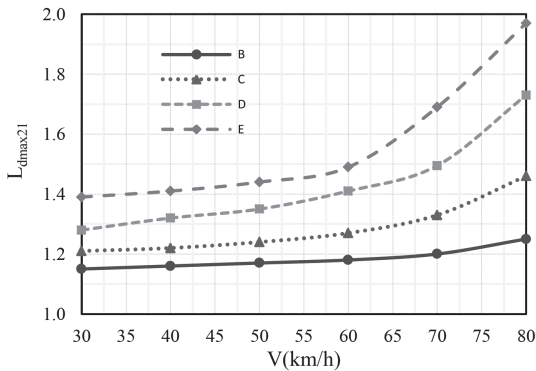
Hình 4. Hệ số tải trọng động lớn nhất của bánh xe trước trái và phải

Khi xe chạy ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h trên các mặt đường loại B, C thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên bánh

xe sau xe có giá trị lớn hơn 1,5 nên xe đảm bảo độ bền, độ êm dịu chuyển động và độ an toàn động lực học. Còn khi xe chạy trên

đường loại D ở vận tốc trên 70km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc trên 60km/h thì hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên bánh xe sau xe có giá trị lớn hơn 1,5,

nằm trong vùng giới hạn cảnh báo, nên xe không đảm bảo độ bền, độ êm dịu chuyển động và độ an toàn động lực học theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3] (xem hình 5).

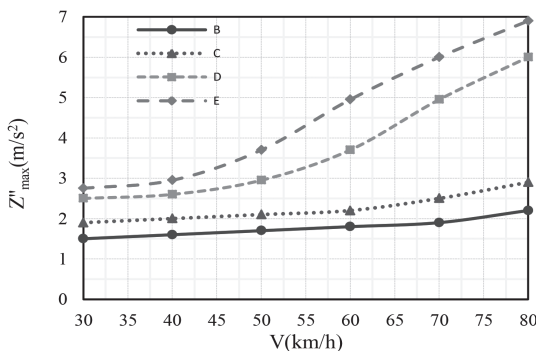


Hình 5. Hệ số tải trọng động lớn nhất của bánh xe sau trái và phải

Khi xe chạy ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h trên các mặt đường loại B, C thì gia tốc dao động theo phương thẳng đứng lớn nhất của thân xe có giá trị nhỏ hơn 3m/s² nên xe đảm bảo độ êm dịu chuyển động, độ an toàn cho hàng hóa và độ bền cho xe. Khi xe chạy trên đường loại D ở vận tốc trên 50km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc trên 40km/h thì gia tốc dao động theo phương thẳng đứng lớn nhất của thân xe lớn hơn 3m/s² vượt giới hạn cảnh báo; còn trên đường loại D ở vận tốc trên 70km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc trên 60km/h thì gia tốc dao động theo phương thẳng đứng lớn nhất của thân xe lớn hơn 5m/s² vượt giới hạn can thiệp nên xe không đảm bảo độ êm dịu chuyển động, độ an toàn cho hàng hóa và độ bền cho xe theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3].

4. KẾT LUẬN

Khi xe tải Thaco hai cầu chở đầy tải chạy trên các mặt đường ngẫu nhiên loại B, C theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [3] ở vận tốc từ 30km/h đến 80km/h thì hệ số tải trọng động nhỏ nhất tác dụng lên bánh xe lớn hơn 0,5; hệ số tải trọng động lớn nhất tác dụng lên bánh xe nhỏ hơn 1,5 và gia tốc dao động theo phương thẳng đứng lớn nhất của thân xe nhỏ hơn 3m/s² nên xe đảm bảo khả năng truyền lực, độ êm dịu chuyển động, độ an toàn cho hàng hóa và độ bền cho xe, xe đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3]. Khi xe chạy trên đường loại D ở vận tốc trên 50km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc trên 40km/h thì $0 < L_{dmin} < 0,5$; $3m/s^2 < \ddot{z}_{max} < 5m/s^2$ vượt giới hạn cảnh báo; còn khi xe chạy trên đường loại D ở vận tốc trên 70km/h hoặc trên đường loại E ở vận tốc trên 60km/h thì $L_{dmin} = 0$; $L_{dmax} > 1,5$; $\ddot{z}_{max} > 5m/s^2$ vượt giới hạn can thiệp, lúc này xe không đảm bảo khả năng truyền lực của bánh xe, độ êm dịu chuyển động, độ an toàn cho hàng hóa và độ bền cho xe theo tiêu chuẩn ISO 2631-1:1997 [3].



Hình 6. Gia tốc thẳng đứng lớn nhất của thân xe

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Văn Hường và các tác giả, *Động lực học xe*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2014.
- [2] Reza N. Jazar, *Vehicle dynamics theory and application*, Springer Switzerland, 2012.
- [3] ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration*, International Organization for Standardization, 1997.
- [4] 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: Conference Series (JPCS), IOP Publishing, United Kingdom, doi:10.1088/1742-6596/2022/1/012025, 2021.
- [5] Nguyen Thanh Tung, Luong Van Van, *A Study on the Effects of Tire Vertical Stiffness on Dynamic Load of DVM 2.5 Truck*, Lecture notes in mechanical engineering, doi:10.1007/978-3-030-92574-1_13, 2022.
- [6] ISO 8608:2016, *Mechanical vibration - Road surface profiles - Reporting of measured data*, International Organization for Standardization, 2016.