

ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ CHUYỂN ĐỘNG ĐẾN TẢI TRỌNG ĐỘNG XE TẢI BA CẦU EFFECT OF MOVEMENT SPEED ON DYNAMIC LOAD THREE-AXLE VEHICLES

PHAN CHƯƠNG ANH KHÔI^{1a}, CHÂU CÔNG HẬU¹,
PHAN HOÀNG SƠN¹, LƯƠNG VĂN VẠN¹

¹Trường Đại học SPKT Vĩnh Long

^aEmail: khoipca@vlute.edu.vn.

Nhận bài(Received): 6/2/2023; Phản biện (Reviewed): 15/7/2023; Chấp nhận (Accepted): 20/7/2023

TÓM TẮT

Tải trọng động là một trong những yếu tố có tác động lớn đến sự ổn định cũng như độ bền của các chi tiết trên ô tô. Ngoài ra, tải trọng động còn gây ảnh hưởng đến sự phá hủy các cơ sở hạ tầng giao thông. Trong bài báo này, trình bày kết quả khảo sát về ảnh hưởng của tốc độ chuyển động đến tải trọng động xe tải 3 cầu. Quá trình mô phỏng được giả thuyết khi xe chạy v (km/h) = [30;40;...;80;90] và khi đi qua các biên dạng mặt đường có độ cao mấp mô ngẫu nhiên khác nhau theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016. Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng mô hình động lực học của xe tải ba cầu nhằm khảo sát tải trọng động tác động lên ô tô. Ứng dụng phần mềm Matlab-Simulink để mô phỏng tải trọng động sinh ra do kích thích từ các mấp mô mặt đường ngẫu nhiên với các dãy tốc độ vận tốc khác nhau.

Từ khóa: xe ba trục, tải trọng động, ISO 8608:2016, tốc độ chuyển động

ABSTRACT

Dynamic load is one of the factors that have a significant impact on the stability and durability of car components. In addition, dynamic loads also affect the destruction of traffic infrastructure. In this paper, the survey results are presented on the influence of the speed of movement on the dynamic load of the three-axles vehicles. The simulation process is hypothesized when the vehicle is moving at a speed v (km/h) = [30;40;...;80;90] and when passing through the pavement contours with random elevations. different according to ISO 8608:2016. The purpose of this study is to build a dynamic model of three-axle vehicles to investigate the dynamic load acting on the vehicle. Application of Matlab-Simulink software to simulate dynamic loads generated by excitation from random pavement bumps with different speed ranges.

Keywords: Three-axle vehicle, dynamic load, ISO 8608:2016, movement speed

1. GIỚI THIỆU

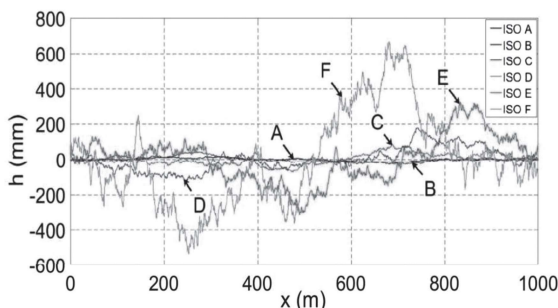
Với sự phát triển không ngừng của ngành giao thông vận tải. Đặc biệt là vận tải đường bộ, được xem là một mắt xích quan

trọng trong mạng lưới giao thông ngày nay. Nhưng đi đôi với những lợi ích mang lại từ việc giao thương vận chuyển hàng hóa, con người đi khắp các vùng trên cả nước, với việc lưu thông chưa được kiểm soát hợp lý

của các xe tải hạng nặng đây được xem là nguyên nhân chính gây nên các hiện tượng sụp lún hư hại đường xá [1,5]. Tác nhân chính gây nên hiện tượng trên đó là cường độ tải trọng động sinh ra do sự lưu thông với tần suất và tốc độ cao của các xe tải hạng nặng gây nên. Việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến tải trọng động là vô cùng cấp thiết [5]. Đối tượng được nghiên cứu trong bài báo này là các xe tải hạng nặng ba cầu. Chúng được xem là nguyên nhân chính gây nên các vấn đề về sụp lún, hư hại cơ sở hạ tầng giao thông do quá trình vận chuyển với tốc độ nhanh kèm với có khối lượng tải nặng đã tạo nên những tác động gây hại đến cả đường – xe.

Tiêu chuẩn đường bộ ngày nay trong việc thiết kế đường cũng như cấu trúc của ô tô được quy định rõ ràng. Chủ yếu dựa trên hai thông số thiết kế đặc trưng là tải trọng tĩnh và tải trọng động. Tải trọng tĩnh đây là tiêu chuẩn được xác định theo quy ước chung giữa các quốc gia. Tải trọng động thì ngược lại nó chịu sự ảnh hưởng bởi sự tương tác lớp – đường [1,2,5]. Những yếu tố ảnh hưởng đến tải trọng động có thể kể đến như: cấu trúc hệ thống treo, biên dạng mặt đường, vận tốc di chuyển,...Nhu vậy tải trọng động phụ thuộc vào cả xe - đường.

Theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [6] chúng ta có 6 loại mặt đường ký hiệu từ A - F với $h(\text{mm}) = [800; \dots; -600]$ được khảo sát trên quãng đường 1000m. Dựa vào tiêu chuẩn các loại đường tương ứng ta có thể sát mối quan hệ xe - đường.



Hình 1: Biên dạng đường ngẫu nhiên theo ISO 8608:2016

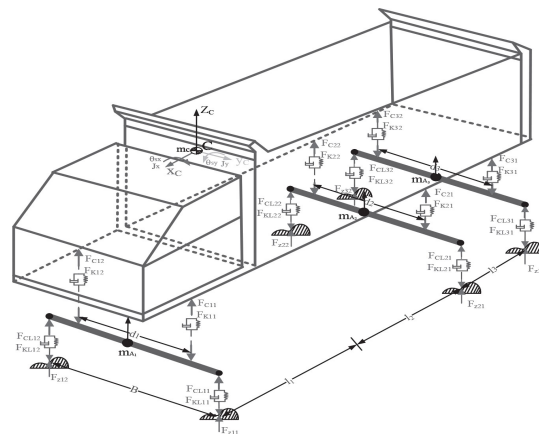
Có nhiều tiêu chí đánh giá áp lực đường, nhưng trong bài báo này tác giả lựa chọn hệ số tải trọng động cực đại (k_{dmax}) để đánh giá. Hệ số tải trọng động cực đại (k_{dmax}) tính như sau [2,5]:

$$K_{dmax} = \frac{\max(F_{Zij})}{F_{Gij}} \leq 1,3 \quad (1)$$

2. NỘI DUNG

2.1. Xây dựng mô hình

Xe tải ba cầu là một hệ cơ học biến dạng với cấu trúc phức tạp. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS (Multi Body Systems) để thiết lập mô hình động lực học của xe ô tô tải [1,2]. Trong đó: m_c là khối lượng được treo; m_{A1}, m_{A2}, m_{A3} là khối lượng không được treo ở các cầu tương ứng. i là số cầu xe ($i=1 \div 2 \div 3$); $j=1$ chỉ bánh xe bên trái; $j=2$ chỉ bánh xe bên phải. (Z_c) chuyển động theo phương thẳng đứng; (θ_{sy}) lắc dọc; (θ_{sx}) lắc ngang của khối lượng được treo; F_C lực đàn hồi hệ thống treo; F_K lực giảm chấn hệ thống treo; F_{CL} lực đàn hồi của lớp; F_{KL} lực giảm chấn của lớp; l_1, l_2, l_3 là khoảng cách tọa độ trọng tâm của xe.



Hình 2: Mô hình động lực học ô tô tải ba cầu

Nhóm tác giả ứng dụng phương trình Newton-Euler cho hệ khối lượng dao động của vật [1,2]. ta thiết lập được hệ phương trình vi phân dao động của hệ bao gồm 9

phương trình như sau:

$$m_c \ddot{x} = F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12} + F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22} + F_{C31} + F_{K31} + F_{C32} + F_{K32} \quad (2)$$

$$J_y \ddot{\theta}_{sy} = l_1(F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12}) - l_2(F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22}) - l_3(F_{C31} + F_{K31} + F_{C32} + F_{K32}) \quad (3)$$

$$J_x \ddot{\theta}_{sx} = (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})d + (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})d + (F_{C31} + F_{K31} - F_{C32} - F_{K32})d \quad (4)$$

$$m_{A1} \ddot{z}_{A1} = F_{CL11} + F_{KL11} + F_{CL12} + F_{KL12} - F_{C11} - F_{K11} - F_{C12} - F_{K12} \quad (5)$$

$$J_{xA1} \ddot{\theta}_{A1} = (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})d + (F_{CL12} + F_{KL12} - F_{CL11} - F_{KL11})B \quad (6)$$

$$m_{A2} \ddot{z}_{A2} = F_{CL21} + F_{KL21} + F_{CL22} + F_{KL22} - F_{C21} - F_{K21} - F_{C22} - F_{K22} \quad (7)$$

$$J_{xA2} \ddot{\theta}_{A2} = (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})d + (F_{CL22} + F_{KL22} - F_{CL21} - F_{KL21})B \quad (8)$$

$$m_{A3} \ddot{z}_{A3} = F_{CL31} + F_{KL31} + F_{CL32} + F_{KL32} - F_{C31} - F_{K31} - F_{C32} - F_{K32} \quad (9)$$

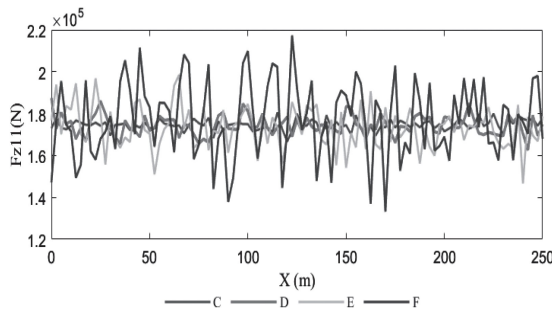
$$J_{xA3} \ddot{\theta}_{A3} = (F_{C31} + F_{K31} - F_{C32} - F_{K32})d + (F_{CL32} + F_{KL32} - F_{CL31} - F_{KL31})B \quad (10)$$

2.2. Kết quả khảo sát

Tác giả sử dụng phần mềm Matlab – Simulink để tiến hành khảo sát tải trọng động của xe tải ba cầu khi cho xe chạy trên các dạng đường với mặt đường có hàm kích động ngẫu nhiên. Các điều kiện khảo sát như sau, xe tải ba cầu chở hàng đầy tải chuyển động thẳng ở các dãy tốc độ khác nhau 30km/h, 40km/h, 50km/h, 60km/h, 70km/h, 80km/h, 90km/h. Trên các loại đường C-D-E-F theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016.

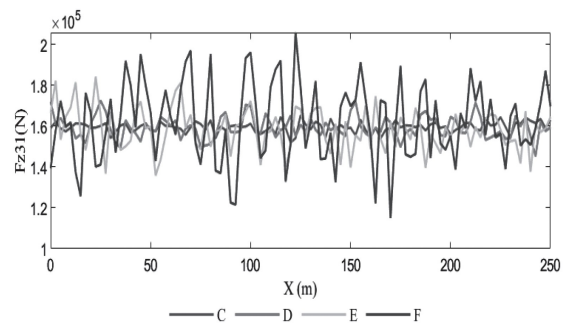
2.2.1. Khảo sát tải trọng động

Từ hình 3 đến hình 8 là đồ thị mô tả trọng động tác dụng theo phương thẳng đứng lên bánh xe tại vị trí bánh trước trái (Fz11) và bánh sau trái (Fz31) của xe tải ba cầu. Khi di chuyển với vận tốc 50km/h, 70km/h, 90km/h trên các dạng mặt đường C-D-E-F theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016. Tương ứng trên quãng đường khảo sát 250m.

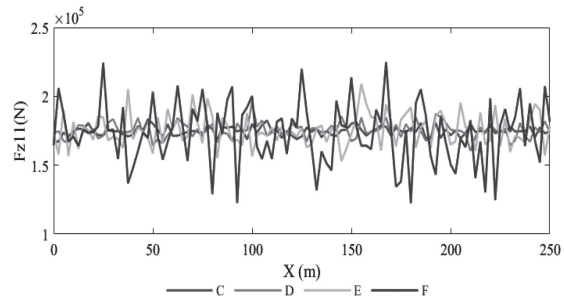


Hình 3: Tải trọng động tại bánh trước bên trái (Fz11)

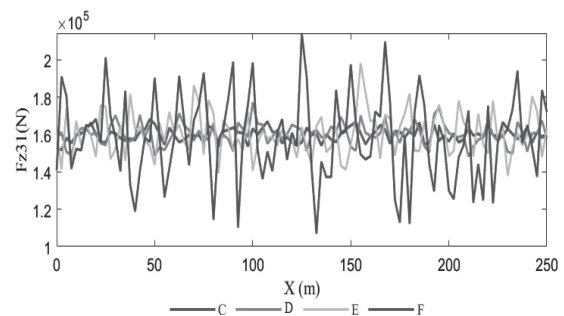
trên các loại đường C-D-E-F, vận tốc 50km/h



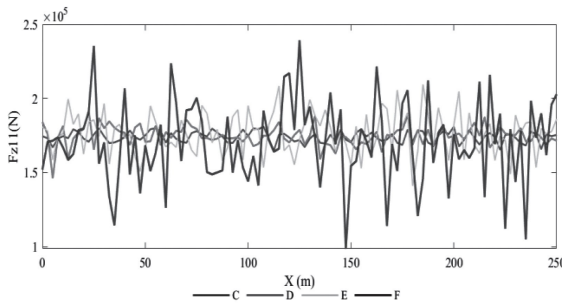
Hình 4: Tải trọng động tại bánh sau bên trái (Fz31) trên các loại đường C-D-E-F, vận tốc 50km/h



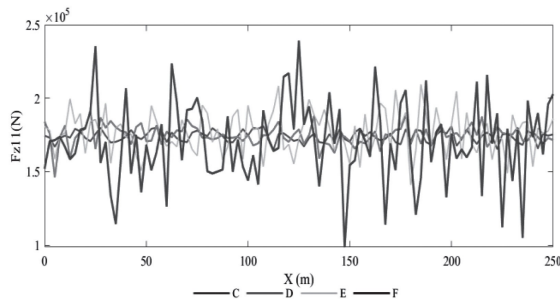
Hình 5: Tải trọng động tại bánh trước bên trái (Fz11) trên các loại đường C-D-E-F, vận tốc 70km/h



Hình 6: Tải trọng động tại bánh sau bên trái (F_{z31}) trên các loại đường C-D-E-F, vận tốc 70km/h



Hình 7: Tải trọng động tại bánh trước bên trái (F_{z11}) trên các loại đường C-D-E-F, vận tốc 90km/h



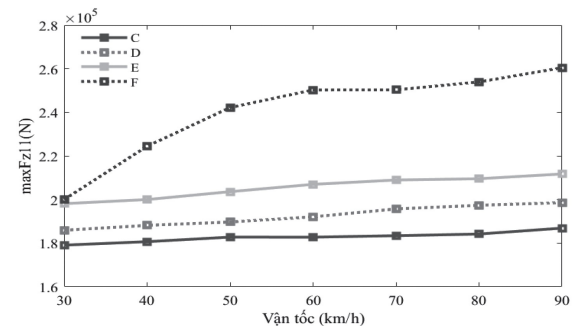
Hình 8: Tải trọng động tại bánh sau bên trái (F_{z31}) trên các loại đường C-D-E-F, vận tốc 90km/h

Qua đồ thị khảo sát trên cho ta thấy khi xe tải hạng nặng di chuyển với các tốc độ khác nhau trên biên dạng mặt đường ngẫu nhiên theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016. Với tải trọng động đặt tại bánh trước bên trái (F_{z11}); $v = 50\text{km/h}$ cực đại ở biên dạng đường C và D khoảng (180000 – 187000) N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 198000 N và ổn định ở mức 185000 N. ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 217000 N và ổn định ở mức 190000 N; $v = 70\text{km/h}$ cực đại ở biên dạng đường C và D khoảng (183000 – 195000) N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 208000 N và ổn định ở mức 187000 N. ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 224000 N và ổn định ở mức 195000 N; $v = 90\text{km/h}$ cực đại ở biên dạng đường C và D khoảng (180000 – 191000) N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 209000 N và ổn định ở mức 201000 N. Ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 239000 N và ổn định ở mức 212000 N. Còn với tải trọng

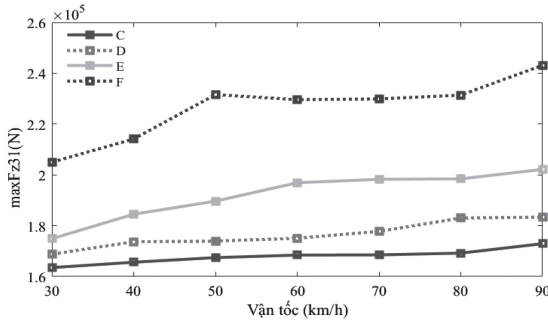
động đặt tại bánh sau bên trái (F_{z31}); $v = 50\text{km/h}$ cực đại ở biên dạng đường C và D khoảng (165000 – 172000) N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 184000 N và ổn định ở mức 168000 N. Ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 205000 N và ổn định ở mức 178000 N; $v = 70\text{km/h}$ cực đại ở biên dạng đường C và D khoảng (168000 – 178000) N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 198000 N và ổn định ở mức 172000 N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 214000 N và ổn định ở mức 191000 N; $v = 90\text{km/h}$ cực đại ở biên dạng đường C và D khoảng (166000 – 177000) N; ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 195000 N và ổn định ở mức 192000 N, ở biên dạng mặt đường E khoảng cực đại 228000 N và ổn định ở mức 210000 N.

2.2.2. Khảo sát tải trọng động cực đại

Để có thể nhận thấy rõ hơn sự ảnh hưởng của vận tốc đến tải trọng động xe tải ba cầu thì hình 9 và hình 10 là đồ thị tải trọng cực đại tác dụng lên bánh xe trước trái và sau trái tương ứng với các giá trị vận tốc khi xe tải hạng nặng ba cầu di chuyển trên các loại đường khác nhau.



Hình 9: $\text{max}F_{z11}$ phụ thuộc vào vận tốc chuyển động



Hình 10: $maxF_{z31}$ phụ thuộc vào vận tốc chuyển động

Từ kết quả khảo sát cho ta thấy, có sự tách biệt rõ giữa đường biểu thị giá trị tải trọng động cực đại của xe tải khi cho xe chạy với tốc độ tăng dần trên loại đường F (rất xấu) so với các loại đường khác (C-D-E). Các giá trị tải trọng động cực đại có xu hướng tăng đột biến. (Đối với đường C: $v=30$ km/h $maxF_{z11} = 200009.5$ N; $maxF_{z31} = 205004.5$ N. đường C: $v=30$ km/h $maxF_{z11} = 179078.9$ N; $maxF_{z31} = 163493.5$ N. so với đường F: $v=90$ km/h $maxF_{z11} = 260462.3$ N; $maxF_{z31} = 243124.8$ N; đường C: $v=90$ km/h $maxF_{z11} = 186880.7$ N; $maxF_{z31} = 172910$ N). Các giá trị tải trọng cực đại khi khảo sát

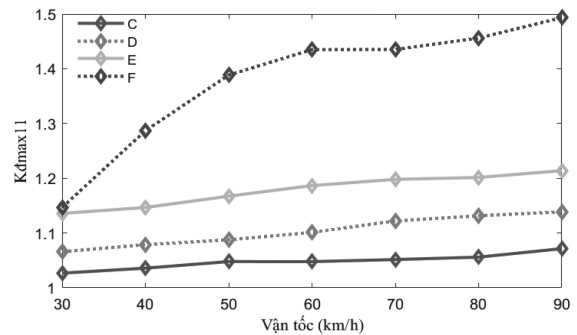
2.2.3. Khảo sát hệ số tải trọng động cực đại

Trong phần nghiên cứu này, tác giả tiến hành khảo sát hệ số tải trọng động cực đại tác

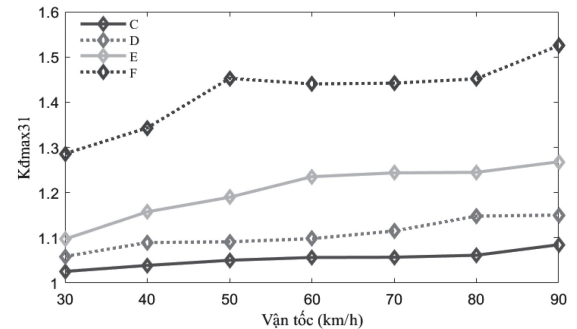
Bảng 1: Tổng hợp hệ số tải trọng động cực đại tác dụng lên bánh xe trước trái (K_{dmax1l}) và bánh xe sau trái (K_{dmax3l}) phụ thuộc vào tốc độ di chuyển và loại đường theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016

Loại đường	Hệ số tải trọng động cực đại	Vận tốc (km/h)						
		30	40	50	60	70	80	90
C	K_{dmax1l}	1.0267	1.0358	1.0478	1.0477	1.0515	1.0559	1.07143
	K_{dmax3l}	1.0256	1.0389	1.0503	1.0565	1.057	1.0614	1.08467
D	K_{dmax1l}	1.0658	1.0787	1.0876	1.1011	1.122	1.1315	1.1386
	K_{dmax3l}	1.0587	1.0895	1.0911	1.0981	1.1151	1.148	1.15023

động lên bánh xe trước trái (K_{dmax1l}) và bánh xe sau trái (K_{dmax3l}). Đồ thị hình 11 biểu thị giá trị (K_{dmax1l}) và đồ thị hình 12 biểu thị giá trị (K_{dmax3l}) tương ứng với từ loại đường và vận tốc di chuyển của xe. Thông qua đồ thị giúp ta có cái nhìn tổng quan các giá trị tải trọng động cực đại tác dụng tại các bánh xe được xét theo các loại đường và vận tốc khác nhau. Bảng 1 là bảng tổng hợp các giá trị tải trọng động cực đại theo vận tốc và loại đường.



Hình 11: K_{dmax1l} phụ thuộc vào vận tốc chuyển động



Hình 12: K_{dmax3l} phụ thuộc vào vận tốc chuyển động

E	$K_{\dot{d}_{max11}}$	1.1358	1.1466	1.1673	1.1866	1.198	1.2014	1.21389
	$K_{\dot{d}_{max31}}$	1.097	1.1575	1.1897	1.2352	1.2436	1.2448	1.26811
F	$K_{\dot{d}_{max11}}$	1.1467	1.2868	1.3885	1.4349	1.4352	1.456	1.49329
	$K_{\dot{d}_{max31}}$	1.286	1.3432	1.4527	1.4403	1.4421	1.4516	1.52513

Nhìn vào các giá trị khảo sát được liệt kê trong (Bảng 1) về hệ số tải trọng động cực đại cho ta thấy rõ về hệ số tải trọng động cực đại tác dụng tại bánh xe trước trái và sau trái. Tương ứng với các biên dạng mặt đường ngẫu nhiên và phụ thuộc chính vào các giá trị vận tốc khi xe di chuyển. Hệ số tải trọng động cực đại đạt giá trị lớn nhất khi xe di chuyển với tốc độ 90 km/h chạy trên mặt đường loại F (rất xấu) là 1.52513.

Từ các kết quả đưa ra (Bảng 1), ta có thể nhận xét chung rằng khi xe chạy trên cùng một loại đường và vận tốc xe tăng lên theo tuyến tính thì đồng nghĩa với việc hệ số tải trọng động cực đại cũng tăng theo. Xét hệ số tải trọng động cực đại tại bánh sau trái $K_{\dot{d}_{max31}}$ ở các biên dạng đường C và D với giá trị khoảng (1.03 - 1.08 < 1.3; 1.06 - 1.15 < 1.3); ở các biên dạng đường E và F khoảng (1.14 - 1.27 < 1.3; 1.15 - 1.53 > 1.3).

Tóm lại loại đường có biên dạng mặt đường rất xấu (loại đường F) theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 thì với vận tốc 90 km/h sẽ gây nên hệ số tải trọng động cực đại lớn nhất gây tác động mạnh lên cả hai bánh xe trước và sau trái được xét tại đây có nguy cơ hư hại kết cấu chi tiết xe.

3. Kết luận

Khi xe tải ba cầu chở đầy tải chuyển động thẳng với các giá trị vận tốc thay đổi từ 30km/h, 40km/h, 50km/h, 60km/h, 70km/h, 80km/h, 90km/h, trên các loại đường C-D-

E-F theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016. Thì hệ số tải trọng động cực đại $K_{\dot{d}_{max ij}}$, tải trọng động F_{zij} và phản lực thẳng đứng cực đại tác dụng lên các bánh xe $\max F_{zij}$ có sự phân hóa rất rõ rệt. Xét loại đường C và D ứng với các giá trị vận tốc xét ở trên cho ra các giá trị thông số khảo sát thấp hơn nhiều so với loại đường E và F.

Từ đó cho ta thấy khi xe di chuyển trên các dạng mặt đường càng xấu với vận tốc càng cao thì sẽ gây nên tải trọng động càng lớn. Hệ số tải trọng động cực đại tại hai bánh xe trước trái và sau trái (1.03 - 1.08; 1.06 - 1.15) < 1.3 trên biên dạng mặt đường C - D với vận tốc tuyến tính tăng dần từ [30;40;50;60;70;80;90] km/h vẫn nằm trong giới hạn cho phép, còn đối với biên dạng mặt đường E - F cũng với tốc độ trên (1.14 - 1.27 < 1.3; 1.15 - 1.53 > 1.3), thì với đường loại F (rất xấu) đã vượt ngưỡng giới hạn.

Tuy mức độ vượt khỏi ngưỡng giới hạn cho phép chưa cao nhưng với điều kiện hoạt động thường xuyên với công suất lớn của xe tải ba cầu thì việc phản lực thẳng đứng này sẽ gây ra hư hỏng các chi tiết đối với kết cấu xe và có thể gây hư hỏng làm xuống cấp bề mặt đường càng nhanh. Kết luận với các khảo sát ở trên, giúp ta biết rằng sự ảnh hưởng của vận tốc kết hợp với mức độ xấu của mặt đường sẽ gây tăng giá trị tải trọng động, gây ra rất nhiều hư hỏng cho cả đường và xe.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyen. TT and Luong. VV, “*A Study on the Effects of Tire Vertical Stiffness on Dynamic Load of DVM 2.5 Truck*”. In DC Nguyen *et al.* (Eds.). (ICERA 2021), LNNS 366, pp. 128–134, Springer, Cham (2022). https://doi.org/10.1007/978-3-030-92574-1_13
- [2] Nguyen, TT, Luong, VV: “*A Research on the Effects of Suspension Stiffness on Dynamic Load on Dongfeng DVM 2.5 Truck*”, In BT Long *et al.* (Eds.). (AMAS 2021), LNME, pp. 180–186, Springer, Cham (2022). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-99666->
- [3] Võ Văn Hường (2004), “*Nghiên cứu hoàn thiện mô hình khảo sát ô tô tải nhiều cầu*”, Luận án tiến sĩ, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Hà Nội.
- [4] Trần Thanh An (2012), “*Nghiên cứu tối ưu các thông số hệ thống treo trên ô tô*”, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, học viện Kỹ Thuật Quân sự, Hà Nội.
- [5] Đào Mạnh Hùng (2006), “*Xác định lực động giữa bánh xe và mặt đường của ô tô tải trong điều kiện sử dụng ở Việt Nam*”, Luận án tiến sĩ, Đại học Giao Thông Vận Tải, Hà Nội.
- [6]. ISO 8608:2016 (2016), “*Mechanical vibration - Road Surface Profiles. Reporting of Measured Data*”.