

# ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG ĐỘ CỨNG LỚP XE ĐẾN TẢI TRỌNG ĐỘNG XE TẢI 3 CẦU

## ASSESSMENT OF THE EFFECT OF TIRE STIFFNESS ON DYNAMIC LOAD OF THREE-AXLE TRUCK

PHẠM HẢI ĐĂNG<sup>1,a</sup>, LƯƠNG VĂN VẠN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

<sup>a</sup>Tác giả liên hệ: dang2206@gmail.com

*Nhận bài(Received):14/7/2023; Phản biện (Reviewed):21/7/2023; Chấp nhận(Accepted):18/10/2023*

### TÓM TẮT

Trong quá trình chuyển động, tải trọng động sinh ra từ các phương tiện vận tải này ảnh hưởng không nhỏ đến cầu/đường và an toàn động lực học của xe. Những ảnh hưởng của tải trọng bao gồm hư hỏng về kiến trúc hạ tầng giao thông, làm hệ thống cầu đường xuống cấp trầm trọng. Ngoài ra còn ảnh hưởng đến an toàn của người điều khiển phương tiện và độ bền của các chi tiết trên xe. Một trong những yếu tố liên quan đến tải trọng là độ cứng lớp xe. Để có cơ sở phân tích ảnh hưởng độ cứng của lớp đến tải trọng động tác động lên xe tải ba cầu, tác giả đã thực hiện xây dựng mô hình động lực học của xe, thiết lập hệ phương trình vi phân và sử dụng phần mềm Matlab để xác định tải trọng động tác động lên xe khi độ cứng của lớp xe thay đổi. Kết quả đánh giá cho thấy tải trọng động tăng lên tỉ lệ thuận với độ cứng lớp xe, với vận tốc chuyển động và trên loại đường có chất lượng xấu hơn.

**Từ khóa:** Độ cứng lớp xe, tải trọng động, xe tải 3 cầu, ISO 8608:2016

### ABSTRACT

*During the movement, dynamic loads generated by these means of transport significantly affect the bridge/road and the dynamic safety of the vehicle. Load effects include structural damage to transport infrastructure and seriously degrade the road and bridge system. In addition, it also affects the safety of vehicle drivers and the durability of vehicle components. One of the load-related factors is tire stiffness. To have a basis for analyzing the influence of tire stiffness on dynamic loads acting on three-axle trucks, the author has built a dynamic model of the vehicle, set up a system of differential equations, and used Matlab software to determine the dynamic load acting on the vehicle when the tire stiffness changes. The evaluation results show that the dynamic load increases proportionally to the tire stiffness, at travel speeds and on roads of poorer quality.*

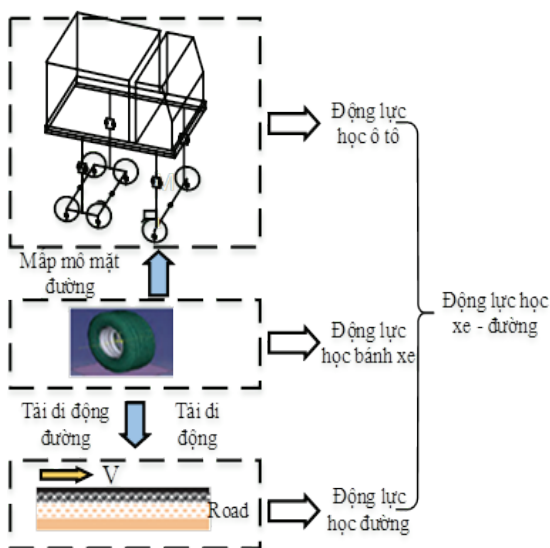
**Keywords:** Tire stiffness, dynamic load, 3 axles truck, ISO 8608:2016

#### 1. Giới thiệu

Xe tải 3 cầu là phương tiện vận tải phổ biến và hiệu quả trên thế giới cũng như tại

Việt Nam. Trong quá trình chuyển động, tải trọng động sinh ra từ các phương tiện vận tải ảnh hưởng đến tính năng an toàn động

lực học của xe. Tải trọng động là yếu tố tác động hai chiều: ở chiều tăng, ảnh hưởng đến áp lực đường, gây ra các hư hỏng, ảnh hưởng đến độ bền chi tiết của xe; ở chiều giảm, ảnh hưởng đến an toàn động lực học xe. Kích động mặt đường là ngẫu nhiên, có tính chu kỳ, gây ra tải trọng động cũng có tính ngẫu nhiên và chu kỳ, tác động trở lại làm cho mặt cầu/đường dao động, gây ra nứt tế vi cho cầu/đường. Ngoài ra, tải trọng động có khả năng làm thay đổi các lực truyền dọc và ngang của bánh xe, ảnh hưởng đến an toàn động lực học của xe và gây mòn lốp, mòn đường. Tải trọng động ở hành trình trả, có thể dẫn đến hiện tượng tách bánh xe, mất khả năng truyền lực [5].



**Hình 1: Tác động tương hỗ giữa lốp - đường**

Tải trọng động truyền đến đường bị ảnh hưởng bởi yếu tố vận hành và yếu tố thiết kế. Các yếu tố vận hành bao gồm vận tốc xe, loại đường và mức tải [2]. Các yếu tố thiết kế bao gồm khối lượng, phân bố khối lượng, kích thước hình học xe, đặc tính hệ thống treo và đặc tính lốp. Các yếu tố thiết kế được các nhà sản xuất xe quan tâm, đặc biệt liên quan trực tiếp đến dao động của xe như hệ thống treo và lốp. Đặc tính hệ thống treo ảnh hưởng đến tải trọng

động đã được đề cập trong các nghiên cứu trước liên quan đến kết cấu hệ thống treo khí nén, so sánh tải trọng động của xe với hai loại hệ thống treo nhíp - khí nén [3]. Trong nghiên cứu này sẽ đề cập đến đặc tính lốp, cụ thể là độ cứng. Việc lựa chọn độ cứng của lốp, ngoài việc đáp ứng khả năng chịu tải, độ êm dịu chuyển động còn liên quan đến tải trọng động của xe [4].

## 2. Xây dựng mô hình

Mô hình lực tác dụng lên ô tô tải khi xe di chuyển trên đường được xác định dựa trên mô hình động lực học của xe ô tô tải, trong đó cầu trước có hệ thống treo phụ thuộc và hai cầu sau có hệ thống treo cân bằng. Có nhiều phương pháp khác nhau để thiết lập hệ phương trình mô tả động lực học của ô tô, phụ thuộc vào mức độ và các thông số cần tính toán. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật để xây dựng mô hình động lực học. Các bước được thực hiện như sau

Bước 1: Phân tích cấu trúc khung vỏ, kiểu hệ thống treo, kiểu lốp và đặt các giả thiết;

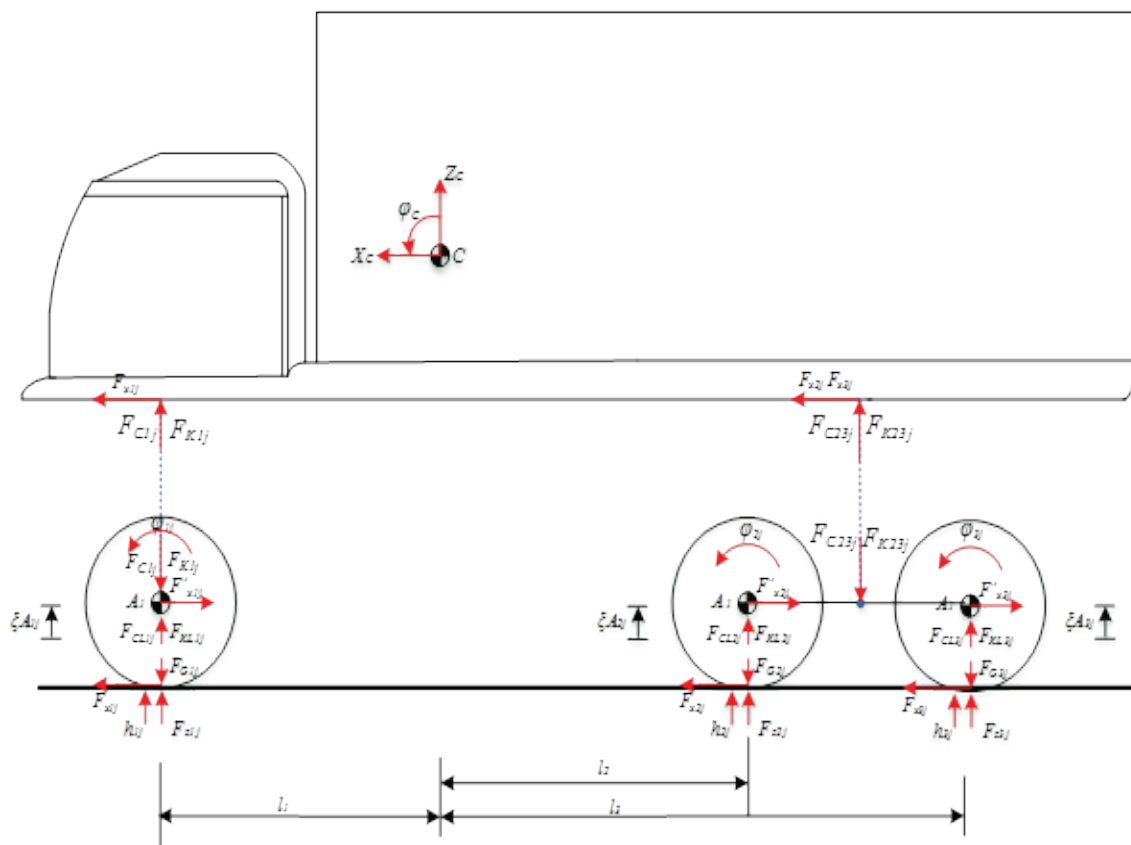
Bước 2: Định nghĩa hệ tọa độ cố định và các hệ tọa độ vật;

Bước 3: Tách cấu trúc hệ nhiều vật và tiến hành xác định nội lực hệ thống treo, lực tương tác giữa lốp và đường;

Bước 4: Xây dựng phương trình Newton – Euler cho các vật và liên kết các vật theo các mô đun của hệ;

Bước 5: Giải hệ phương trình vi phân bằng phương pháp số.

Sau khi giải hệ phương trình vi phân, từ các kết quả thu được, tiến hành khảo sát, đánh giá sự ảnh hưởng của độ cứng lốp xe đến tải trọng động của xe tải ba cầu khi lưu thông trên đường không bằng phẳng.



Hình 2: Mô hình động lực học học xe tải 3 cầu

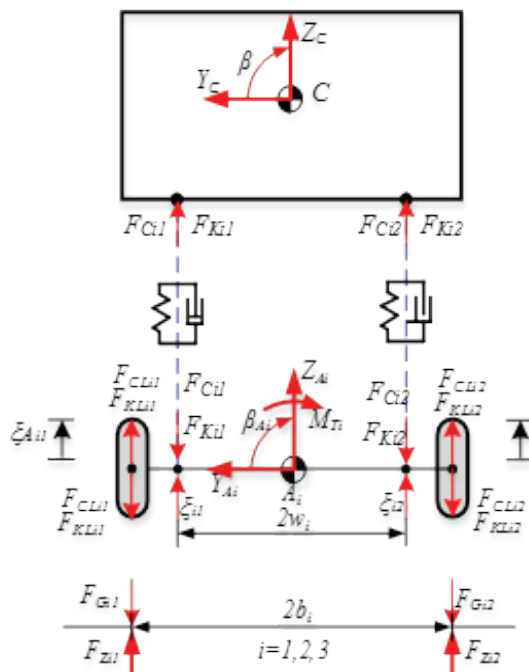
Phương trình vi phân mô tả dao động thẳng đứng và góc lắc dọc của khối lượng được treo quanh trục cy được viết như sau:

Phương trình động lực học phương thẳng đứng của khối lượng được treo:

$$m_c (\ddot{z}_c - \dot{\phi}_c \dot{x}_c) = F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12} + F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22} + F_{C31} + F_{K31} + F_{C32} + F_{K32} \quad (2.7)$$

Phương trình động lực học phương lắc dọc của khối lượng được treo:

$$J_{yc} \ddot{\phi}_c = -(F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12})l_1 + (F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22})l_2 + (F_{C31} + F_{K31} + F_{C32} + F_{K32})l_3 \quad (2.8)$$



Hình 3: Hệ tọa độ của xe tải ba cầu theo mặt phẳng ngang (YOZ)

Phương trình động lực học phương lắc ngang của khối lượng được treo:

$$J_{xC} \ddot{\beta}_C = (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})w_1 + (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})w_2 + (F_{C31} + F_{K31} - F_{C32} - F_{K32})w_3 \quad (2.9)$$

- Các phương trình chuyển động của các cầu phương thẳng đứng, phần khối lượng không được treo (3 khối lượng):

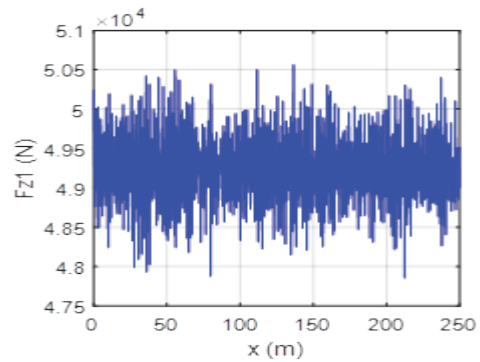
$$m_{Ai} \ddot{z}_{Ai} = F_{CLi1} + F_{KLi1} + F_{CLi2} + F_{KLi2} - F_{Ci1} - F_{Ki1} - F_{Ci2} - F_{Ki2}, i = (1, 2, 3)$$

- Các phương trình chuyển động góc lắc ngang của cầu phần khối lượng không được treo (3 khối lượng):

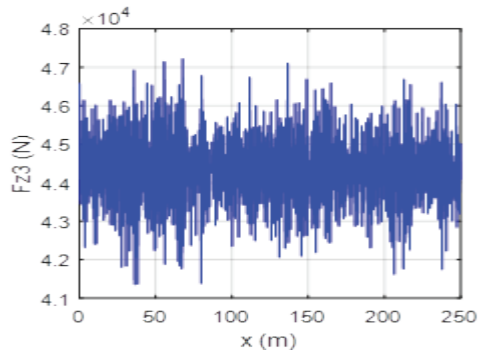
$$J_{Ai} \ddot{\beta}_{Ai} = (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})w_1 + (-F_{CLi1} - F_{KLi1} + F_{CLi2} + F_{KLi2})b_{i,j}, i = (1, 2, 3)$$

### 3. Khảo sát đánh giá tải trọng động tác động lên xe

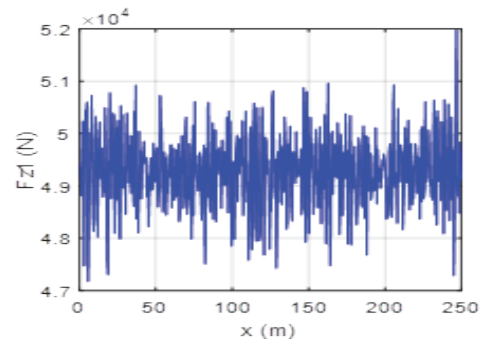
Máp mô mặt đường theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 có các loại chất lượng đường khác nhau từ A đến H, trong đó đường loại A có chất lượng tốt nhất và đường loại H có chất lượng xấu nhất [5]. Trong nội dung khảo sát này, tác giả khảo sát khi xe di chuyển trên đường loại C có chất lượng trung bình, đây cũng là loại đường mà xe tải thường xuyên làm việc thường xuyên. Với đặc điểm là loại đường có chất lượng trung bình, do đó khi khảo sát xác định tải trọng động tác động lên xe với hàm kích động là hàm ngẫu nhiên với loại đường C, vận tốc khảo sát từ 30 đến 80 km/h [6], bước nhảy là 10 km/h.



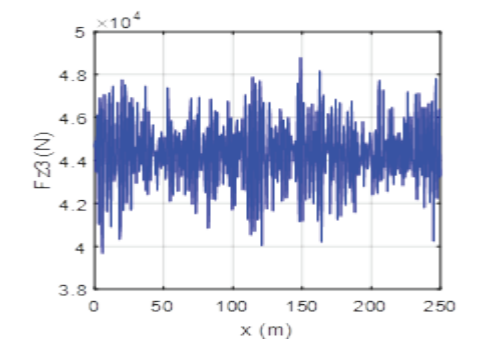
Hình 4: Tải trọng động bánh trước ( $F_{z1}$ ) trên đường loại C, vận tốc 30km/h



Hình 5: Tải trọng động bánh sau ( $F_{z3}$ ) trên đường loại C, vận tốc 30km/h

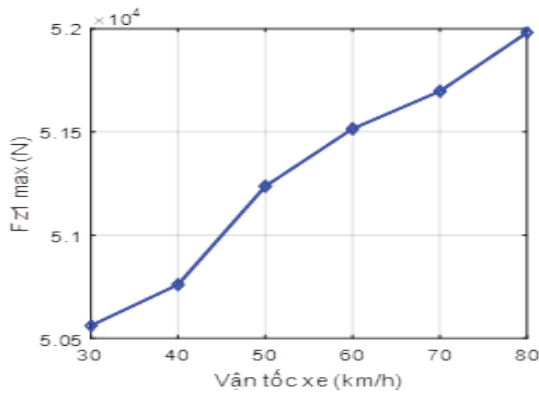


Hình 6: Tải trọng động bánh trước ( $F_{z1}$ ) trên đường loại C, vận tốc 80km/h



Hình 7: Tải trọng động bánh sau ( $F_{z3}$ ) trên đường loại C, vận tốc 80km/h

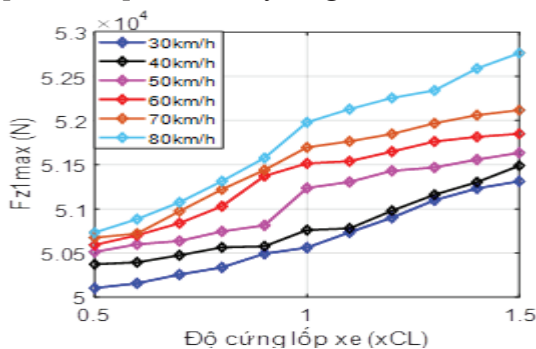
Hình ảnh 4 và 5 mô tả tải trọng động của xe tương ứng tại bánh trước và bánh sau khi di chuyển trên đường loại C, vận tốc 30 km/h trong quãng đường di chuyển 250m. Đối với hình 6 và 7 mô tả tải trọng động của xe tương ứng tại bánh trước và bánh sau khi di chuyển trên đường loại C, vận tốc 80 km/h trong quãng đường di chuyển 250m. Kết quả phân tích trên cho thấy với cùng một chất lượng đường, vận tốc của xe tăng lên thì tải trọng động của xe tăng lên.



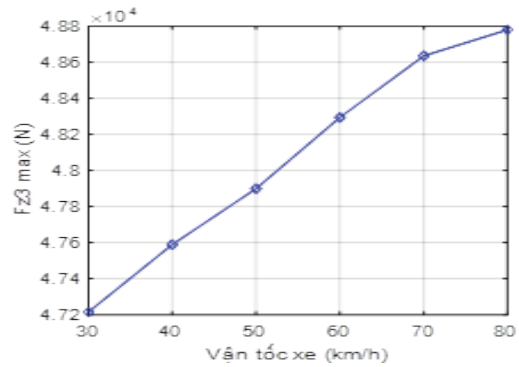
Hình 8: Giá trị tải trọng động lớn nhất tại bánh trước ( $F_{z1max}$ ) trên đường loại C, vận tốc 30-80km/h

Vận tốc (km/h)	30	40	50	60	70	80
$F_{z1max}$ (N)	50562	50761	51236	51515	51696	51980
$F_{z3max}$ (N)	47216	47589	47899	48293	48635	48780

Độ cứng lớp xe cầu trước có giá trị là  $C_{L1} = 690000N$  và độ cứng lớp xe cầu sau có giá trị là  $C_{L2} = C_{L3} = 1380000N$  [1]. Phương án thay đổi độ cứng lớp xe là tăng hoặc giảm độ cứng so với độ cứng ban đầu với giá trị x [0,5 ÷ 1,5], bước nhảy có giá trị là 0,1.



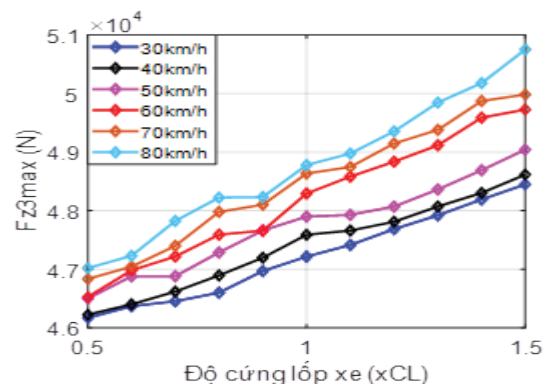
Hình 10: Tải trọng động lớn nhất động tại bánh xe trước ( $F_{z1}$ ), vận tốc 30-80 km/h



Hình 9: Giá trị tải trọng động lớn nhất tại bánh sau ( $F_{z3max}$ ) trên đường loại C, vận tốc 30-80km/h

Hình 8 và hình 9 mô tả giá trị lớn nhất của tải trọng động tại bánh trước và tại bánh sau khi xe di chuyển trên đường loại C khi thay đổi vận tốc từ 30km/h đến 80km/h. Qua kết quả mô tả trên hình 8, 9 và bảng 1 cho thấy cùng một loại đường vận tốc chuyển động của xe lớn hơn thì tải trọng động lớn nhất có giá trị cao hơn.

Bảng 1: Tổng hợp giá trị cực đại của tải trọng động tại bánh trước và bánh sau trên đường loại C phụ thuộc vào vận tốc



Hình 11: Tải trọng động lớn nhất động tại bánh xe sau ( $F_{z3}$ ), vận tốc 30-80 km/h

Dựa trên kết quả tại hình 10, 11 có thể thấy rằng, với cùng mức vận tốc và loại đường, khi tăng độ cứng lớp xe thì giá trị tải trọng động lớn nhất  $F_{zmax}$  tăng. Trong

cùng loại đường, khi tăng vận tốc của xe thì giá trị tải trọng động lớn nhất  $F_{z_{\max}}$  cũng tăng. Giá trị  $F_{z_{1\max}} = 52764\text{N}$  khi tăng độ

cứng lớp xe 1,5 lần, vận tốc 80km/h, giá trị  $F_{z_{3\max}} = 50753\text{N}$  khi tăng độ cứng lớp xe 1,5 lần, vận tốc 80km/h.

**Bảng 2:** Tổng hợp các giá trị cực đại của giá trị tải trọng động tại bánh trước  $\max(F_{z_1})$  và bánh sau  $\max(F_{z_3})$  với cùng một loại đường C phụ thuộc vào vận tốc và độ cứng lớp xe

Đường loại C							
Độ cứng lớp	Tải trọng động	Vận tốc xe (km/h)					
		30	40	50	60	70	80
$x0,5C_L$	$\max(F_{z_1})$	50103	50373	50512	50591	50674	50731
	$\max(F_{z_3})$	46169	46225	46501	46525	46835	47019
$x0,6C_L$	$\max(F_{z_1})$	50157	50394	50599	50701	50720	50884
	$\max(F_{z_3})$	46370	46402	46880	46982	47044	47230
$x0,7C_L$	$\max(F_{z_1})$	50257	50475	50636	50837	50973	51074
	$\max(F_{z_3})$	46454	46619	46882	47218	47400	47825
$x0,8C_L$	$\max(F_{z_1})$	50338	50564	50745	51030	51221	51314
	$\max(F_{z_3})$	46601	46896	47287	47591	47980	48223
$x0,9C_L$	$\max(F_{z_1})$	50493	50576	50813	51371	51440	51577
	$\max(F_{z_3})$	46970	47197	47663	47659	48103	48234
$C_L$	$\max(F_{z_1})$	50562	50761	51236	51515	51696	51980
	$\max(F_{z_3})$	47216	47589	47899	48293	48635	48780
$x1,1C_L$	$\max(F_{z_1})$	50733	50778	51304	51539	51765	52129
	$\max(F_{z_3})$	47415	47661	47929	48582	48746	48976
$x1,2C_L$	$\max(F_{z_1})$	50901	50979	51431	51649	51848	52256
	$\max(F_{z_3})$	47687	47811	48070	48837	49148	49355
$x1,3C_L$	$\max(F_{z_1})$	51098	51160	51469	51763	51969	52341
	$\max(F_{z_3})$	47921	48072	48363	49117	49380	49845
$x1,4C_L$	$\max(F_{z_1})$	51231	51302	51558	51815	52061	52589
	$\max(F_{z_3})$	48192	48304	48690	49589	49873	50179
$x1,5C_L$	$\max(F_{z_1})$	51312	51490	51635	51850	52118	52764
	$\max(F_{z_3})$	48450	48617	49044	49728	49983	50753

Nhận xét giá trị tải trọng động cực đại của bánh xe trước trái và bánh xe sau trái tương ứng với cùng loại đường C, giá trị độ cứng lớp xe được cố định và thay đổi tốc độ xe tăng. Tổng hợp chung các giá trị này được mô tả trên trong bảng 2. Cùng một loại đường, với vận tốc xe tăng dần

và cùng độ cứng lớp xe thì tải trọng động lớn nhất có xu hướng tăng (Độ cứng tăng 1,5 lần:  $v = 30 \text{ km/h}$ ,  $\max(F_{z_3}) = 48450 \text{ (N)}$ ;  $v = 40 \text{ km/h}$ ,  $\max(F_{z_3}) = 48617 \text{ (N)}$ ;  $v = 50 \text{ km/h}$ ,  $\max(F_{z_3}) = 49044 \text{ (N)}$ ;  $v = 60 \text{ km/h}$ ,  $\max(F_{z_3}) = 49728 \text{ (N)}$ ;  $v = 70 \text{ km/h}$ ,  $\max(F_{z_3}) = 49983 \text{ (N)}$ ;  $v = 80 \text{ km/h}$ ,

$max(Fz_3) = 50753$  (N). Cùng loại đường, thay đổi giá trị độ cứng lớp xe theo hướng giảm với cùng một tốc độ thì tải trọng động lớn nhất có xu hướng giảm  $v = 80$  km/h: độ cứng tăng 1,5 lần,  $max(Fz_3) = 52764$  (N); độ cứng ban đầu  $max(Fz_3) = 51980$  (N); độ cứng giảm một nửa,  $max(Fz_3) = 50731$  (N).

#### 4. Kết luận

Bài báo đã khảo sát tải trọng động tác động lên xe tải ba cầu với kích động mặt đường ngẫu nhiên trên loại đường trung bình (C) theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [7]. Kết quả nghiên cứu đã đánh giá, xác định được ảnh hưởng của độ cứng lớp xe đến tải trọng động, khi tăng độ cứng lớp xe thì tải trọng động tăng lên và ngược lại khi giảm độ cứng lớp xe thì tải trọng động giảm xuống. Từ kết quả phân tích trên, tác giả đưa ra một số nhận xét sau:

- Trên đường loại C, khi tăng độ cứng lớp xe lên 1,5 lần so với độ cứng ban đầu,

tại vận tốc xe chuyển động 80 km/h thì tải trọng động lớn nhất tác động lên xe ở cầu trước tăng lên 1,51%, tại cầu sau tăng lên 4,05%. Khi độ cứng lớp xe giảm xuống 0,5 lần so với độ cứng ban đầu, tại vận tốc xe chuyển động 80 km/h thì tải trọng động lớn nhất tác động lên xe ở cầu trước giảm xuống 2,46%, tại cầu sau giảm xuống 3,74%

- Việc lựa chọn độ cứng lớp xe thì quan trọng trong quá trình ô tô chuyển động, độ cứng lớp xe liên quan đến khả năng chịu tải, đặc tính động lực học, độ êm dịu chuyển động của xe và đặc biệt ảnh hưởng đến tải trọng động của xe.

- Kết quả nghiên cứu này là cơ sở trong việc tính toán thiết kế xe, khuyến cáo người sử dụng cần tuân thủ quy định về áp suất lớp xe (độ cứng lớp xe) theo hướng dẫn của nhà sản xuất nhằm tối ưu hóa quá trình sử dụng xe.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phan Tuấn Kiệt (2018), “Nghiên cứu xác định tải trọng động thẳng đứng của đoàn xe lên mặt đường”. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại Học Bách Khoa Hà Nội.
- [2]. Le Van Quynh (2017), “Influence of semi-trailer truck operating condition on road surface friendliness”, JVE International Ltd. Vibroengineering PROCEDIA vol.16, doi <https://doi.org/10.21595/vp.2017.19321>
- [3]. Đặng Việt Hà (2021), “Phân tích ảnh hưởng độ cứng của lớp đến tải trọng động của sơ-mi rơ-móc”, Tạp chí GTVT, số 3/2021.
- [4]. Vũ Thành Niêm, Lưu Văn Tuấn, Đặng Việt Hà (2020), “Nghiên cứu cải thiện hệ thống treo xe sơ-mi rơ-móc theo hướng giảm tải trọng động”, Tạp chí GTVT, số 9.
- [5]. Vũ Thành Niêm (2021), “Nghiên cứu hệ thống treo đoàn xe theo hướng giảm tải trọng động”, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [6]. Phan Chương Anh Khôi (2022), “Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng hệ thống treo đến tải trọng động của xe tải ba cầu”, Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long.
- [7]. ISO 8608:2016, *Mechanical vibration – Road surface profiles – Reporting of measured data*