

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA ÁP SUẤT BÊN TRONG BALLON KHÍ NÉN ĐẾN DAO ĐỘNG Ô TÔ TẢI NẶNG

SURVEYING THE EFFECT OF GAS PRESSURE INSIDE PNEUMATIC BALLOONS ON OSCILLATIONS OF HEAVY-DUTY TRUCKS

TRẦN THỊ NGỌC TRÚC^{1,a}, NGUYỄN THANH TÙNG¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long,

^aTác giả liên hệ: truactn@vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 29/3/2024; Phản biện (Reviewed): 15/4/2024; Chấp nhận (Accepted): 13/5/2024

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả khảo sát ảnh hưởng của áp suất khí nén $P_0 = 4.10^5, 5.10^5, 6.10^5$ (Pa) tương ứng với các chế độ tải trọng không tải, tải trung bình (khoảng 8 tấn hàng) và tải nặng (khoảng 16 tấn hàng) đến dao động ô tô bằng phần mềm Matlab. Kết quả cho thấy khi tải trọng tăng thì áp suất khí nén trong ballon tăng tương ứng. Gia tốc cực đại thân xe theo phương thẳng đứng vẫn đảm bảo nằm trong giới hạn cảnh báo an toàn cho hàng hóa khi vận chuyển. Kết quả nghiên cứu được thực hiện khi xe di chuyển trên đường có biên dạng B theo tiêu chuẩn ISO 8606:2016 với vận tốc 50km/h.

Từ khóa: Treo khí nén, dao động ô tô

ABSTRACT

The article presents the results of a survey of the effects of compressed air pressure $P_0 = 4.10^5, 5.10^5, 6.10^5$ (Pa) corresponding to the load modes no load, medium load (about 8 tons of cargo) and heavy load (about 16 tons of cargo) to the car vibration using Matlab software. The results show that when the load increases, the compressed air pressure in the ballon increases correspondingly. The maximum vertical acceleration of the vehicle body is still within the limit Safety warning limit for goods during transportation. Research results were conducted when the vehicle moved on a road with profile B according to ISO 8606:2016 standards at a speed of 50km/h.

Keywords: Air suspension, car oscillation

1. GIỚI THIỆU

Để khảo sát ảnh hưởng áp suất khí nén bên trong ballon khí nén đến dao động của ô tô tải nặng, tác giả đã sử dụng phương pháp phân tích cấu trúc đưa ra các giả thuyết mô hình dao động tương đương, xây dựng mô hình không gian mô tả động lực học ô tô và viết phương trình động lực học ô tô tải.

Bên cạnh đó, tác giả xác định các lực và mô men liên kết, sử dụng phần mềm Matlab mô phỏng với điều kiện ô tô chuyển động thẳng với vận tốc $v = 50\text{km/h}$ trên mặt đường tốt B theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016[3]. Mô phỏng với áp suất P_0 lần lượt là: $4.10^5, 5.10^5, 6.10^5$ (Pa) tương ứng với các chế độ tải trọng không tải, tải trung bình và tải

nặng khi xe lưu thông trên đường.

Dựa trên tiêu chí đánh giá an toàn đối với hàng hóa theo tiêu chuẩn của Hiệp hội đóng gói Đức, các giá trị gia tốc cực trị phương thẳng đứng được dùng để đánh giá về độ êm dịu cho hàng hóa:

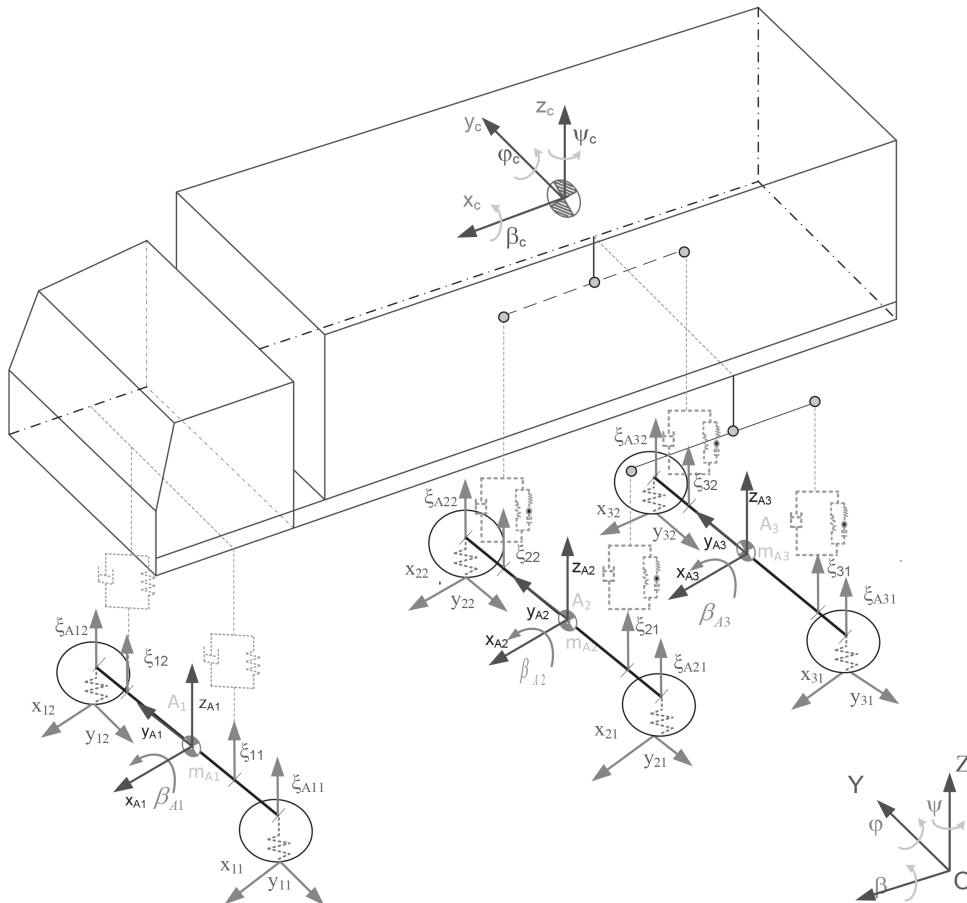
- $a_{z, \max} = 3\text{m/s}^2$: Giới hạn cảnh báo,

ngưỡng lập kế hoạch sửa chữa xe hoặc đường [1].

- $a_{z, \max} = 5\text{m/s}^2$: Giới hạn cảnh báo, ngưỡng phải sửa chữa đường hoặc xe [1].

2. NỘI DUNG

2.1. Thiết lập mô hình động lực học ô tô tải sử dụng hệ thống treo khí nén



Hình 1. Mô hình không gian mô tả động lực học trên ô tô tải

- Phương trình chuyển động theo phương z_c của khối lượng được treo của xe tải:

$$m_c (\ddot{z}_c - \dot{\phi}_c \dot{x}_c) = F_{K11} + F_{K12} + F_{Ke21} + F_{Ke22} + F_{Ke31} + F_{Ke32} + F_{Ce21} + F_{Ce22} + F_{Ce31} + F_{Ce32} + F_{C11} + F_{C12} + F_{Cv21} + F_{Cv22} + F_{Cv31} + F_{Cv32} \quad (1)$$

- Phương trình lắc dọc quanh trục y_c của khối lượng được treo của xe tải:

$$J_{yc} \ddot{\phi}_c = -(F_{K11} + F_{K12} + F_{C11} + F_{C12}) I_1 + (F_{Ke21} + F_{Ke22} + F_{Ce21} + F_{Ce22} + F_{Cv21} + F_{Cv22}) I_2 + (F_{Ke31} + F_{Ke32} + F_{Ce31} + F_{Ce32} + F_{Cv31} + F_{Cv32}) I_3 \quad (2)$$

- Phương trình lắc ngang quanh trục x_c của khối lượng được treo:

$$J_{xc} \ddot{\beta}_c = (F_{K11} + F_{C11} - F_{K12} - F_{C12}) b_1 + (F_{Ke21} + F_{Cv21} + F_{Ce21} - F_{Ke22} - F_{Cv22} - F_{Ce22}) b_2 + (F_{Ke31} + F_{Cv31} + F_{Ce31} - F_{Ke32} - F_{Cv32} - F_{Ce32}) b_3 \quad (3)$$

- Phương trình chuyển động theo phương z_{A1} của cầu 1:

$$m_{A_1} \ddot{z}_{A_1} = (F_{CL11} + F_{CL12} + F_{KL11} + F_{KL12}) - (F_{C11} + F_{C12} + F_{K11} + F_{K12}) \quad (4)$$

- Phương trình chuyển động lắc ngang quanh trục x_{A1} của cầu 1:

$$J_{A_{x1}} \ddot{\beta}_{A1} = (-F_{K11} - F_{C11} + F_{K12} + F_{C12})b_1 + (F_{CL11} + F_{KL11} - F_{CL12} - F_{KL12})w_1 \quad (5)$$

- Phương trình chuyển động theo phương z_{A2} của cầu 2:

$$m_{A_2} \ddot{z}_{A_2} = (F_{CL21} + F_{CL22} + F_{KL21} + F_{KL22}) - (F_{Ce21} + F_{Ce22} + F_{Ke21} + F_{Ke22} + F_{Km21} + F_{Km22}) \quad (6)$$

- Phương trình chuyển động lắc ngang quanh trục x_{A2} của cầu 2:

$$J_{A_{x2}} \ddot{\beta}_{A2} = (-F_{Ke21} - F_{Km21} - F_{Ce21} + F_{Ke22} + F_{Km22} + F_{Ce22})b_2 + (F_{CL21} + F_{KL21} - F_{CL22} - F_{KL22})w_2 \quad (7)$$

- Phương trình chuyển động theo phương z_{A3} của cầu 3:

$$m_{A_3} \ddot{z}_{A_3} = (F_{CL31} + F_{CL32} + F_{KL31} + F_{KL32}) - (F_{Ce31} + F_{Ce32} + F_{Ke31} + F_{Ke32} + F_{Km31} + F_{Km32}) \quad (8)$$

- Phương trình chuyển động lắc ngang quanh trục x_{A3} của cầu 3:

$$J_{A_{x3}} \ddot{\beta}_{A3} = (-F_{Ke31} - F_{Km31} - F_{Ce31} + F_{Ke32} + F_{Km32} + F_{Ce32})b_3 + (F_{CL31} + F_{KL31} - F_{CL32} - F_{KL32})w_3 \quad (9)$$

- Phương trình chuyển động của khối lượng khí nén của cầu 2:

$$M_{21} \ddot{w}_{s21} = C_{v21}(w_s - z_{21}) - k_{m21} \left| \dot{w}_{s21} - \dot{\xi}_{21} \right|^\beta \cdot \text{sign}(\dot{w}_{s21} - \dot{\xi}_{21}) \quad (10)$$

$$M_{22} \ddot{w}_{s22} = C_{v22}(w_s - z_{22}) - k_{m22} \left| \dot{w}_{s22} - \dot{\xi}_{22} \right|^\beta \cdot \text{sign}(\dot{w}_{s22} - \dot{\xi}_{22}) \quad (11)$$

- Phương trình chuyển động của khối lượng khí nén của cầu 3:

$$M_{31} \ddot{w}_{s31} = C_{v31}(w_s - z_{31}) - k_{m31} \left| \dot{w}_{s31} - \dot{\xi}_{31} \right|^\beta \cdot \text{sign}(\dot{w}_{s31} - \dot{\xi}_{31}) \quad (12)$$

$$M_{32} \ddot{w}_{s32} = C_{v32}(w_s - z_{32}) - k_{m32} \left| \dot{w}_{s32} - \dot{\xi}_{32} \right|^\beta \cdot \text{sign}(\dot{w}_{s32} - \dot{\xi}_{32}) \quad (13)$$

Các độ dịch chuyển phương thẳng đứng của cầu dưới hệ thống treo và tâm bánh xe:

$$\begin{cases} \xi_{11} = z_{A1} + b_1 \beta_{A1} \\ \xi_{12} = z_{A1} - b_1 \beta_{A1} \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \xi_{21} = z_{A2} + b_2 \beta_{A2} \\ \xi_{22} = z_{A2} - b_2 \beta_{A2} \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} \xi_{31} = z_{A3} + b_3 \beta_{A3} \\ \xi_{32} = z_{A3} - b_3 \beta_{A3} \end{cases} \quad (16)$$

$$\begin{cases} \xi_{A11} = z_{A1} + w_1 \beta_{A1} \\ \xi_{A12} = z_{A1} - w_1 \beta_{A1} \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} \xi_{A21} = z_{A2} + w_2 \beta_{A2} \\ \xi_{A22} = z_{A2} - w_2 \beta_{A2} \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} \xi_{A31} = z_{A3} + w_3 \beta_{A3} \\ \xi_{A32} = z_{A3} - w_3 \beta_{A3} \end{cases} \quad (19)$$

Trong đó:

C_{Lij} : Độ cứng hướng kính của lớp thứ ij (N/m)

K_{eij} : Hệ số cản của không khí trong đường ống (Ns/m)

C_{vij} : Hệ số đàn hồi trong bình khí phụ và ống dẫn (N)

C_{eij} : Hệ số đàn hồi trong lò xo khí nén (N)

K_{mij} : Hệ số cản quy đổi của khí nén di chuyển trong đường ống (Ns/m)

F_{Ceij} : Lực đàn hồi của hệ thống treo bánh xe thứ ij (N)

F_{Cvij} : Lực cản của hệ thống treo bánh xe thứ ij (N)

F_{Cij} : Lực đàn hồi của hệ thống treo

bánh xe thứ ij (N)

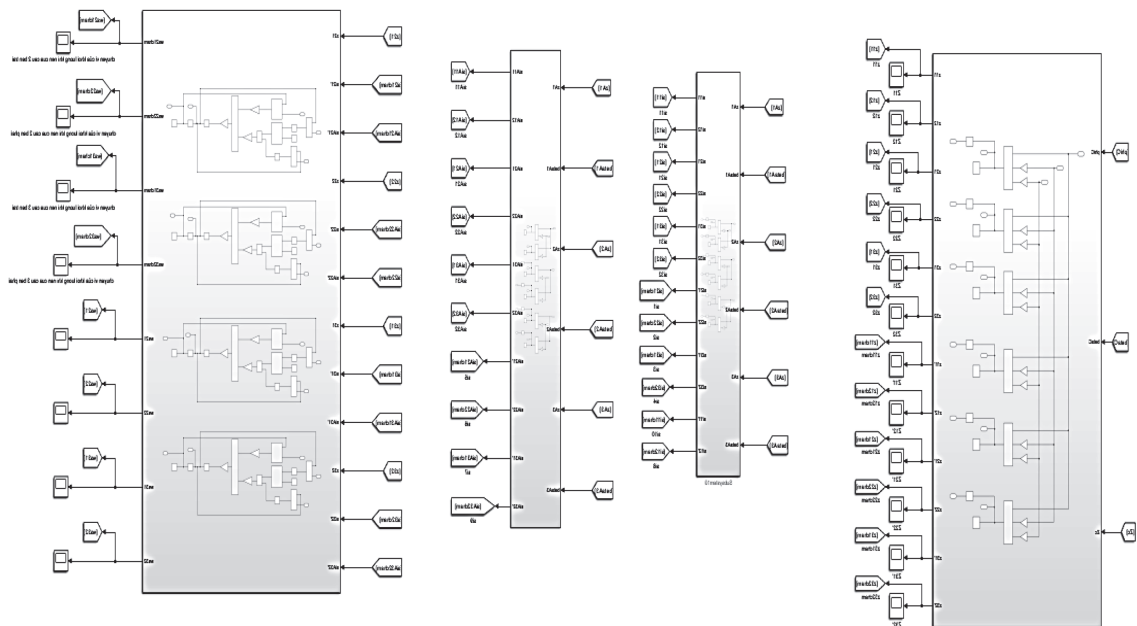
F_{Kij} : Lực cản của hệ thống treo bánh xe thứ ij (N)

F_{CLij} : Đàn hồi hướng kính của lớp thứ ij (N)

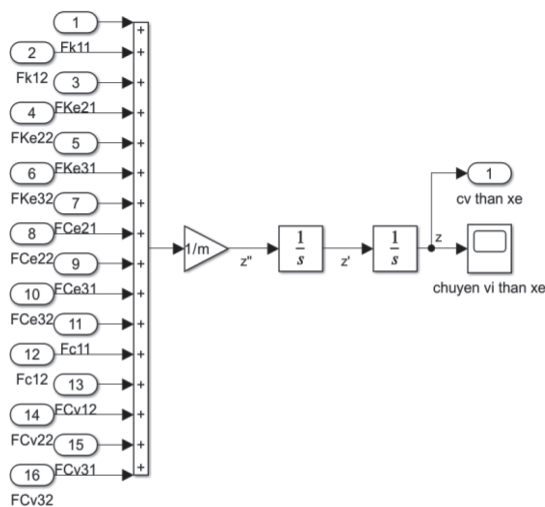
i : Số cầu của ô tô tải, $i = 1 \div 3$

j : $j = 1$ bánh xe bên trái, $j = 2$ bánh xe bên phải

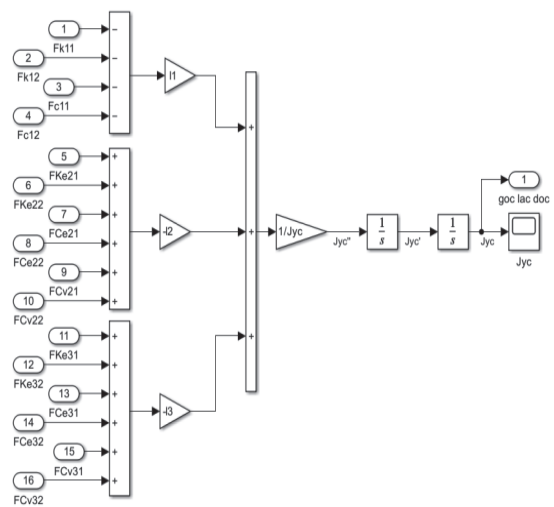
2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng



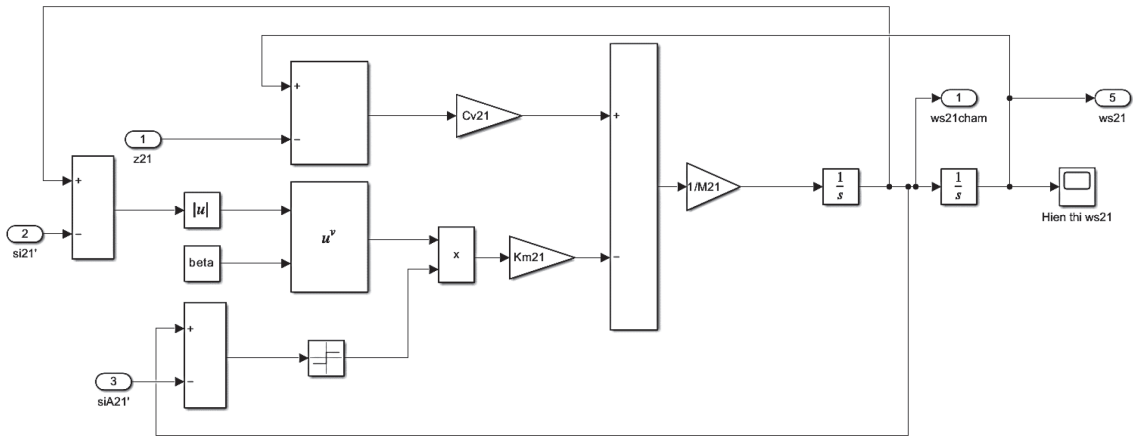
Hình 2. Sơ đồ tổng thể mô phỏng dao động hệ thống treo khí nén trên ô tô tải



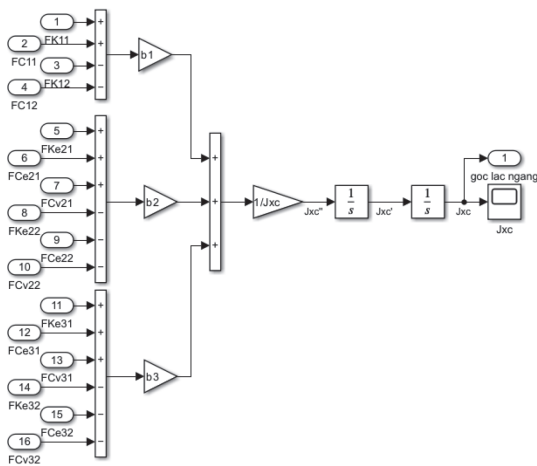
Hình 3. Sơ đồ mô tả chuyển vị thân xe theo phương z



Hình 4. Sơ đồ mô tả góc lắc dọc thân xe ϕ_c



Hình 5. Sơ đồ mô tả chuyển động của khối lượng khí nén



Hình 6. Sơ đồ mô tả góc lắc ngang thân xe β_c

Bảng 1. Một số khối chức năng xây dựng mô hình

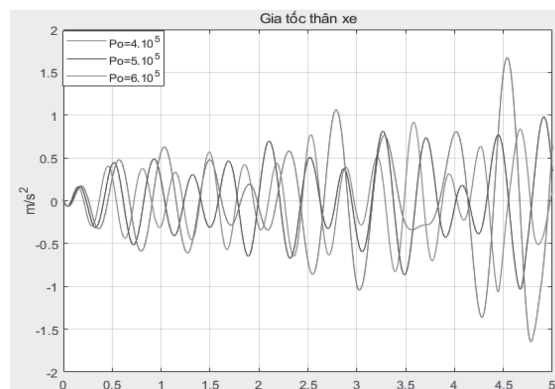
Tên khối	Chức năng
Sub & Systems	Xây dựng hệ thống con bên trong hệ thống lớn
In1	Tạo cổng vào cho 1 hệ thống
Out1	Tạo cổng ra cho 1 hệ thống
Math Function	Các hàm toán học
Constant	Tạo đại lượng không đổi, tín hiệu đầu vào không đổi

2.3. Kết quả mô phỏng khảo sát và phân tích

Tác giả sử dụng phần mềm Matlab mô

phỏng với điều kiện ô tô chuyển động thẳng với vận tốc $v = 50\text{km/h}$ (giới hạn tốc độ khi lưu thông trong nội ô thành phố ở Việt Nam) trên mặt đường tốt B (biên dạng mặt đường phổ biến trong nội ô thành phố ở Việt Nam) theo tiêu chuẩn ISO 8608:2016 [3]. Mô phỏng với áp suất P_0 lần lượt là: $4 \cdot 10^5$, $5 \cdot 10^5$, $6 \cdot 10^5$ (Pa) tương ứng với các chế độ tải trọng không tải, tải trung bình (khoảng 8 tấn hàng) và tải nặng (khoảng 16 tấn hàng) khi xe lưu thông trên đường.

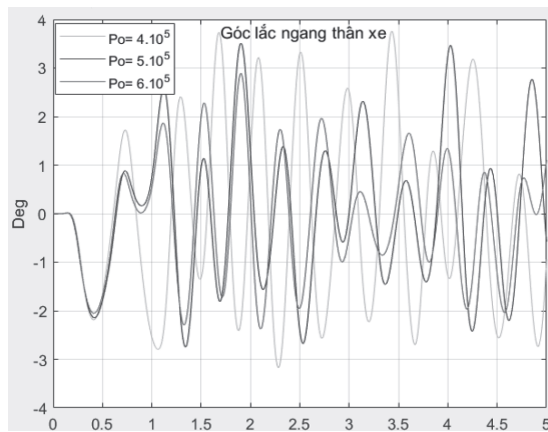
Gia tốc thân xe $\ddot{z}$ tại vận tốc 50 km/h



Hình 7. Gia tốc thân xe

Dựa vào kết quả khảo sát trên Hình 7 cho thấy được gia tốc cực đại thân xe ở các áp suất $P_0 = 4 \cdot 10^5$, $5 \cdot 10^5$, $6 \cdot 10^5$ (Pa) lần lượt là $[0.8, 1.0, 1.8]$ m/s^2 đều thấp hơn giới hạn cảnh báo an toàn cho hàng hóa 3m/s^2 [1].

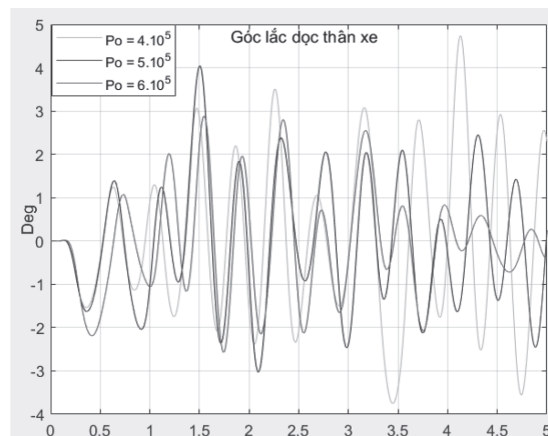
Góc lắc ngang thân xe φ_x tại vận tốc 50 km/h



Hình 8. Góc lắc ngang φ_x

Kết quả khảo sát Hình 8 cho thấy góc lắc ngang cực đại thân xe $\varphi_{x\max}$ ở các áp suất $P_0 = 4.10^5, 5.10^5, 6.10^5$ (Pa) lần lượt là [3.8, 3.4, 2.8] deg, áp suất khí nén trong ballon khí nén càng cao thì góc lắc thân xe giảm theo thời gian tương ứng.

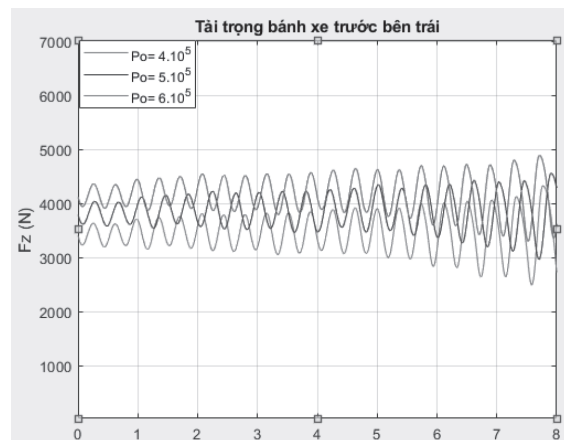
Góc lắc dọc thân xe φ_y tại vận tốc 50 km/h



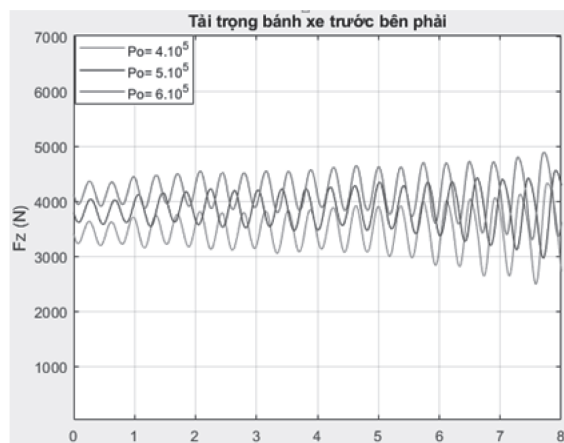
Hình 9. Góc lắc dọc φ_y

Dựa vào kết quả khảo sát trên Hình 9 thấy được góc dọc thân xe ở các áp suất $P_0 = 4.10^5, 5.10^5, 6.10^5$ (Pa) lần lượt là [4.8, 4.1, 3.8] deg, áp suất khí nén trong ballon khí nén càng cao thì góc lắc thân xe giảm theo thời gian tương ứng.

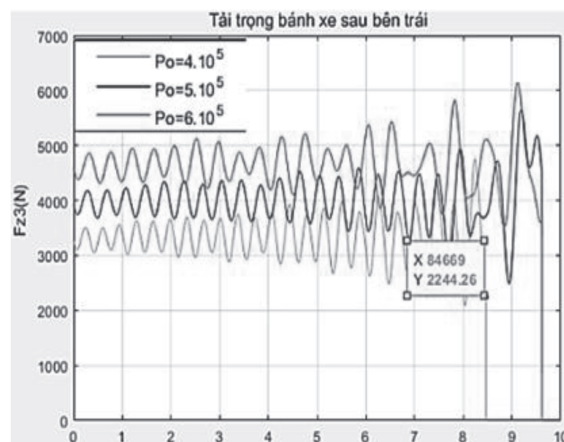
Tải trọng tác dụng lên bánh xe



Hình 10. Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bánh xe phía trước bên trái

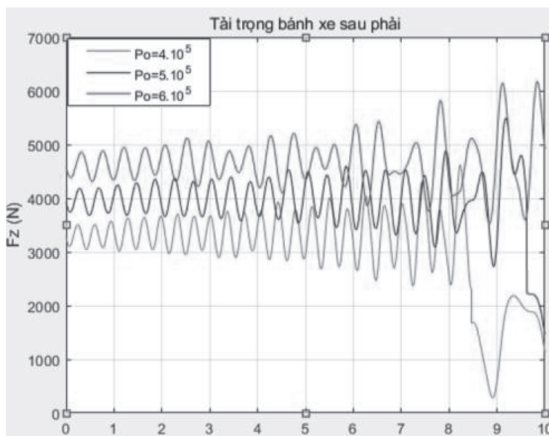


Hình 11. Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bánh xe phía trước bên phải



Hình 12. Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bánh xe phía sau bên trái

Tải trọng tác dụng lên bánh xe



Hình 13. Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bánh xe phía sau bên phải

Tải trọng động tác dụng lên các bánh xe trước trái và trước phải có giá trị gần giống nhau ở các áp suất $P_0 = 4.10^5$, $P_0 = 5.10^5$, $P_0 = 6.10^5$ (Pa) tương ứng với giá trị F_{zmax} $[3,5.10^4; 4,2.10^4, 4,8.10^4]$. Giá trị tải trọng động của bánh xe sau trái và sau phải lần lượt là F_{zmax} $[4,2.10^4; 5,2.10^4; 6,2.10^4]$ lớn hơn giá trị F_{zmax} của hai bánh trước do tải trọng chủ yếu tập trung ở cầu sau.

Áp suất trong lò xo khí nén thay đổi ảnh hưởng đến hệ số LTR_{Max} [2] < 0.7 (vẫn

nằm trong giới hạn ổn định chống lật của ô tô) khi tăng áp suất trong hệ thống làm giảm tính êm dịu chuyển động, tăng lực động tác dụng xuống nền đường.

3. KẾT LUẬN.

Từ kết quả khảo sát ảnh hưởng của áp suất bên trong ballon khí nén đến dao động của ô tô tải nặng với biên dạng mặt đường B theo chuẩn ISO 8608:2016 [3]. Ta thấy áp suất trong lò xo khí nén thay đổi tăng dần thì các giá trị gia tốc thân xe tăng tương ứng; góc lắc ngang, góc lắc dọc thân xe giảm tương ứng theo tải trọng tác dụng tại các bánh xe và tăng lực tác dụng xuống nền đường.

Hệ số phân bố tải trọng ngang $LTR < 0.7$ nên ô tô vẫn nằm trong giới hạn ổn định chuyển động không xảy ra hiện tượng lật đổ.

Gia tốc cực đại thân xe khi khảo sát tốc độ 50 Km/h với áp suất $P_0 = 4.10^5$, 5.10^5 , 6.10^5 (Pa) trong ballon khí nén vẫn đảm bảo nằm trong giới hạn cảnh báo an toàn cho hàng hóa khi vận chuyển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lương Văn Vạn, Nguyễn Thanh Tùng (2022), *Giáo trình Động lực học ô tô*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ Thuật, Hà Nội.
- [2]. Võ Văn Hường, (2004) “*Nghiên cứu hoàn thiện mô hình khảo sát dao động ô tô tải nhiều cầu*”, Luận án Tiến sĩ, Đại Học Bách Khoa Hà Nội, Hà Nội.
- [3]. ISO 8608:2016 (2016), “*Mechanical vibration - Road surface profiles - Reporting of measured data*”.
- [4]. Nguyễn Thái Bạch Liên (2012), “*Nghiên cứu dao động của xe tải hai cầu dưới tác động ngẫu nhiên của mặt đường*”, Luận án Tiến sĩ, Đại học Giao Thông Vận Tải, 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]. Nguyễn Thanh Tùng, (2017) “*Nghiên cứu hiệu quả phanh trên đường có hệ số bám khác nhau của đoàn xe sơ mi rơ moóc làm cơ sở đề xuất giải pháp nhằm giảm thiểu tai nạn giao thông*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [7]. Vũ Thành Niêm, (2021) “*Nghiên cứu hệ thống treo đoàn xe theo hướng giảm tải trọng động*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật Cơ khí động lực, Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [8]. Phạm Đình Vi, Zvyšování kvality odpruzení vozidel, DIS 1992, BRNO “*Quyết định về việc ban hành tiêu chuẩn Việt Nam về rung động cơ học – Đánh giá sự tiếp xúc của con người với rung động toàn thân*”, Số: 64/2001/QĐ-BKHCNMT của Bộ Khoa học, công nghệ và môi trường.
- [9]. TCVN 2737-1995, *Tải trọng và tác động*. Viện khoa học xây dựng - Bộ xây dựng biên soạn, Vụ khoa học Công nghệ - Bộ Xây dựng đề nghị, Bộ Xây dựng ban hành.
- [10] Vanliem Nguyen, Renqiang Jiao, Jianrun Zhang (2020) “*Control Performance of Damping and Air Spring of Heavy Truck Air Suspension System with Optimal Fuzzy Control*”, *SAE Int. J. Veh. Dyn., Stab., and NVH* 4(2):179-194, 2020.