

Khảo sát ảnh hưởng các thông số kích thước của gồ giảm tốc đến độ êm dịu chuyển động của hành khách được vận chuyển bằng xe khách giường nằm sử dụng mô hình không gian

Investigating the effect of speed humps' dimension parameter to the comfort of sleeper coaches' passengers using full car model

Nguyễn Mạnh Trường^{1,*}, Vũ Đức Lập², Nguyễn Thanh Quang³

¹*Viện Nghiên cứu Cơ khí*

²*Học viện Kỹ thuật Quân sự*

³*Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*

**Email: truong1601@gmail.com*

Tel: +84-2437649668; Mobile: 0989336003

Tóm tắt

Từ khóa:

Độ êm dịu; Gồ giảm tốc; Xe khách; Xe khách giường nằm.

Gồ giảm tốc là một biện pháp an toàn chủ động nhằm hạn chế tốc độ của phương tiện nhưng nó cũng gây nên những tác động tiêu cực đến người vận hành và di chuyển bằng phương tiện đường bộ. Nhằm đánh giá các tác động không mong muốn của gồ giảm tốc, bài báo tiến hành xây dựng mô hình không gian miêu tả dao động của xe khách giường nằm. Mô hình không gian giúp phản ánh đầy đủ hơn các ảnh hưởng của góc lắc dọc và lắc ngang của dao động xe. Mô hình xây dựng áp dụng khảo sát các dạng khác nhau của gồ giảm tốc đến độ êm dịu chuyển động của xe khách giường nằm. Phương pháp giải sử dụng phương pháp số với ứng dụng là phần mềm Matlab để đưa ra các kết quả và đánh giá.

Abstract

Keywords:

Comfort; Speed humps; Coach; Sleeping coach .

Speed humps are one of active safe methods used to reduce the speed of vehicles, but they also adversely affect drivers and passengers. In order to determine speed humps' undesirable effects on comfort, we built a full car model to describe vibration of sleeping coaches. The full car model reflects roll and pitch motions. The full car model is used to analyze the effects of different type of speed humps to the comfort of passengers. The Model is solved by Matlab software to determine acceleration value (RMS) reflecting the comfort of passenger when travelling by sleep coach.

Ngày nhận bài: 02/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 04/9/2018

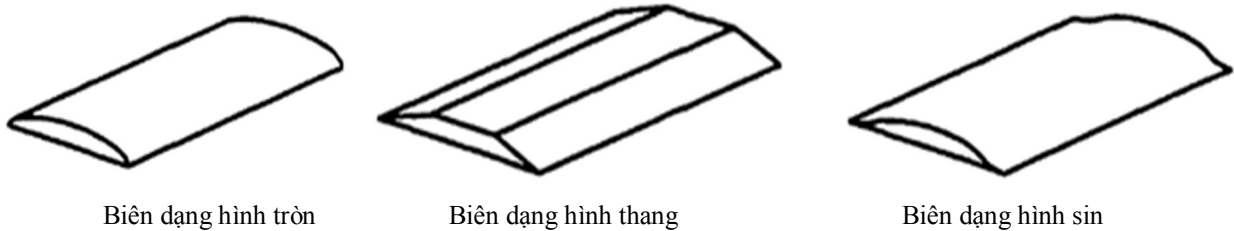
Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Gồ giảm tốc là một biện pháp giảm tốc độ một cách cưỡng bức bằng tác động lên phương tiện và người sử dụng một rung động không mong muốn. Muốn hạn chế tác động này lên

phương tiện và người sử dụng người lái buộc phải đưa giải pháp là giảm tốc độ khi đi qua các gò giảm tốc này.

Biên dạng của gò giảm tốc có rất nhiều dạng trong đó thường sử dụng là các biên dạng: hình tròn, hình sin, hình thang [1].

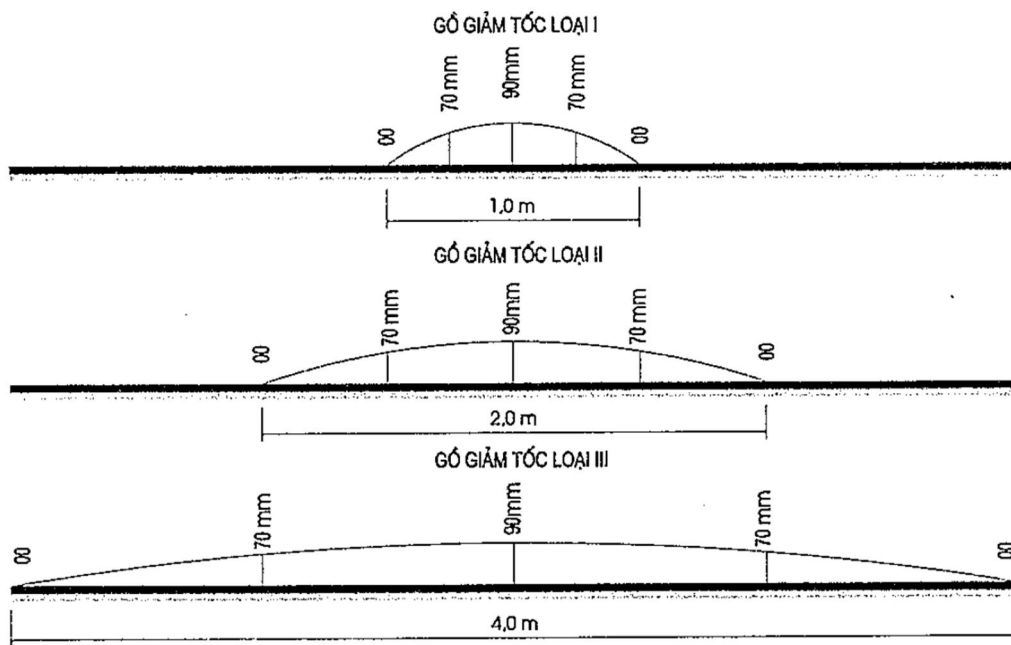


Hình 1. Hình dạng hình học của một số gò giảm tốc

Theo [2] gò giảm tốc áp dụng cho hệ thống giao thông trong nước được phân loại thành ba loại:

Bảng 1. Kích thước của các dạng gò giảm tốc

Loại gò giảm tốc	Chiều cao lớn nhất H (cm)	Chiều cao theo phương dọc đường W (cm)
I	6 : 9	100
II	6 : 9	200
III	6 : 9	400



Hình 2. Biên dạng các gò giảm tốc bố trí trên đường giao với đường sắt [2]

Vật liệu chế tạo gò giảm tốc thường sử dụng bằng vật liệu làm đường, xi măng, cao su.

Việc đánh giá tác động của các loại gò giảm tốc, tương ứng với các kích thước độ rộng khác nhau có ảnh hưởng đến độ êm dịu của hành khách khi vận chuyển bằng xe khách giường nằm sẽ được bài báo nghiên cứu và đánh giá.

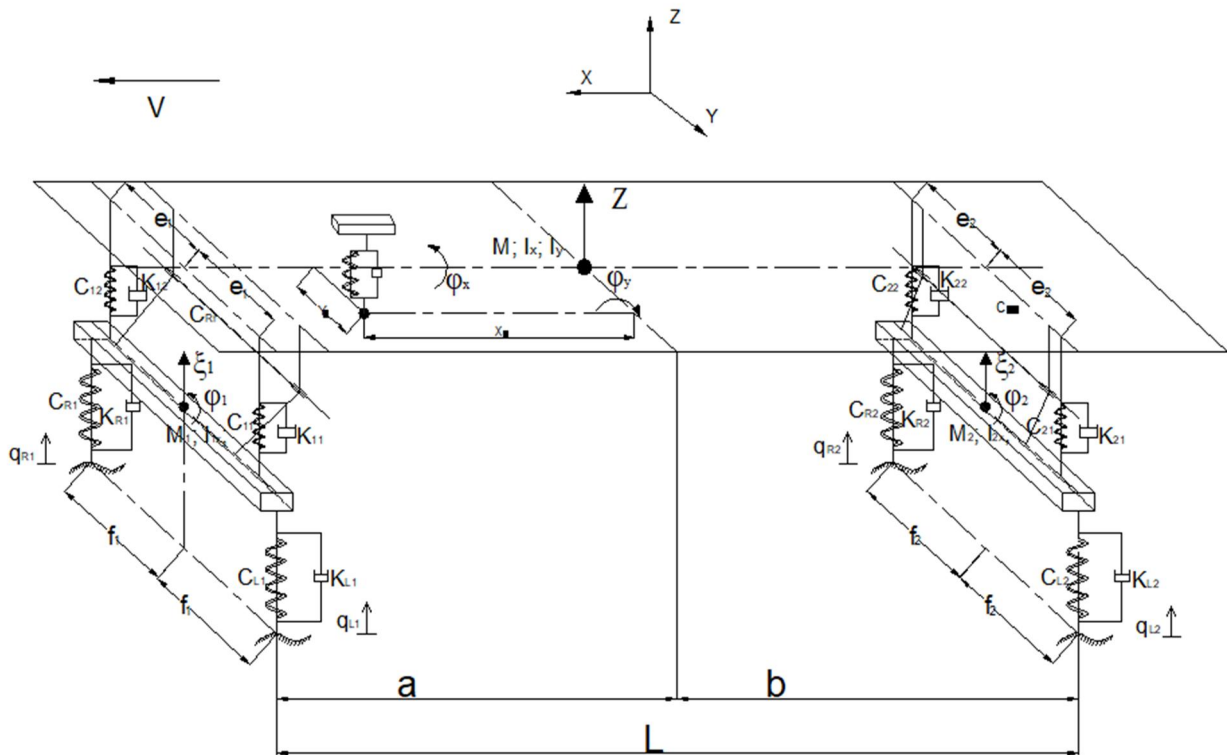
Tiêu chuẩn đánh giá mức độ thoải mái của hành khách bài báo sử dụng giá trị RMS (Root Mean Square) và đánh giá theo tiêu chuẩn ISO 2631-1 với giá trị gia tốc dao động theo phương thẳng đứng.

$$RMS = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT/XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHẢO SÁT

2.1. Xây dựng mô hình không gian xe khách giường nằm

Mô hình dao động của xe khách giường nằm được xây dựng bằng mô hình hóa các khối lượng tập trung của các khối lượng được treo và khối lượng không được treo. Tất cả phần khối lượng được treo được giải thiết như một tấm phẳng cứng tuyệt đối được đặc trưng bởi các thông số M, I_x, I_y . Khối lượng được treo được đặt lên hệ thống cầu trước (M_1, I_{1x}) và cầu sau (M_2, I_{2x}) phụ thuộc thông qua hệ thống treo khí nén ($C_{11}, K_{11}, C_{12}, K_{12}, C_{21}, K_{21}, C_{22}, K_{22}$). Hệ thống lốp trên cầu trước và cầu sau được thể hiện qua thông số hệ số độ cứng và hệ số giảm chấn ($C_{L1}, K_{L1}, C_{R1}, K_{R1}, C_{L2}, K_{L2}, C_{R2}, K_{R2}$). Giường nằm được mô tả bằng một khối lượng tập trung của hành khách được đặt lên phần tử đàn hồi và giảm chấn phản ánh các đặc tính của giường nằm (C_{gi1}, K_{gi1}).



Hình 3. Mô hình dao động không gian của xe khách giường nằm

Bằng phương pháp Lagrang mô hình dao động của xe khách giường nằm được đặc trưng bởi các hệ phương trình vi phân mô tả dao động:

$$\begin{aligned}
 M\ddot{Z} + (K_{11} + K_{21} + K_{12} + K_{22})\dot{Z} + (C_{11} + C_{21} + C_{12} + C_{22})Z \\
 + (K_{11}e_1 + K_{21}e_2 - K_{12}e_1 - K_{22}e_2)\dot{\phi}_x \\
 + (C_{11}e_1 + C_{21}e_2 - C_{12}e_1 - C_{22}e_2)\phi_x \\
 + (K_{11}a - K_{21}b + K_{12}a - K_{22}b)\dot{\phi}_y + (C_{11}a - C_{21}b + C_{12}a - C_{22}b)\phi_y \\
 - (K_{11} + K_{12})\dot{\xi}_1 - (C_{11} + C_{12})\xi_1 + (K_{12}e_1 - K_{11}e_1)\dot{\phi}_1 \\
 + (C_{12}e_1 - C_{11}e_1)\phi_1 - (K_{21} + K_{22})\dot{\xi}_2 - (C_{21} + C_{22})\xi_2 \\
 + (K_{22}e_2 - K_{21}e_2)\dot{\phi}_2 + (C_{22}e_2 - C_{21}e_2)\phi_2 = 0
 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 I_x\ddot{\phi}_x + (K_{11}e_1 + K_{21}e_2 - K_{12}e_1 - K_{22}e_2)\dot{Z} + (C_{11}e_1 + C_{21}e_2 - C_{12}e_1 - C_{22}e_2)Z \\
 + (K_{11}e_1^2 + K_{21}e_2^2 + K_{12}e_1^2 + K_{22}e_2^2)\dot{\phi}_x \\
 + (C_{11}e_1^2 + C_{21}e_2^2 + C_{12}e_1^2 + C_{22}e_2^2 + C_{RF} + C_{RR})\phi_x \\
 + (K_{11}e_1a - K_{21}e_2b - K_{12}e_1a + K_{22}e_2b)\dot{\phi}_y \\
 + (C_{11}e_1a - C_{21}e_2b - C_{12}e_1a + C_{22}e_2b)\phi_y + (K_{12}e_1 - K_{11}e_1)\dot{\xi}_1 \\
 + (C_{12}e_1 - C_{11}e_1)\xi_1 - (K_{11}e_1 + K_{12}e_1)\dot{\phi}_1 - (C_{11}e_1^2 + C_{12}e_1^2 + C_F)\phi_1 \\
 + (K_{22}e_2 - K_{21}e_2)\dot{\xi}_2 + (C_{22}e_2 - C_{21}e_2)\xi_2 - (K_{21}e_2^2 + K_{22}e_2^2)\dot{\phi}_2 \\
 - (C_{21}e_2^2 + C_{22}e_2^2 + C_{RR})\phi_2 = 0
 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 I_y\ddot{\phi}_y + (K_{11}a - K_{21}b + K_{12}a - K_{22}b)\dot{Z} + (C_{11}a - C_{21}b + C_{12}a - C_{22}b)Z + (K_{11}ae_1 \\
 - K_{21}be_2 - K_{12}ae_1 + K_{22}be_2)\dot{\phi}_x + (C_{11}ae_1 - C_{21}be_2 - C_{12}ae_1 \\
 + C_{22}be_2)\phi_x + (K_{11}a^2 + K_{21}b^2 + K_{12}a^2 + K_{22}b^2)\dot{\phi}_y + (C_{11}a^2 + C_{21}b^2 \\
 + C_{12}a^2 + C_{22}b^2)\phi_y - (K_{11}a + K_{12}a)\dot{\xi}_1 - (C_{11}a + C_{12}a)\xi_1 + (K_{12}ae_1 \\
 - K_{11}ae_1)\dot{\phi}_1 + (C_{12}ae_1 - C_{11}ae_1)\phi_1 + (K_{21}b + K_{22}b)\dot{\xi}_2 + (C_{21}b \\
 + C_{22}b)\xi_2 + (K_{21}be_2 - K_{22}be_2)\dot{\phi}_2 + (C_{21}be_2 - C_{22}be_2)\phi_2 = 0
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 m_1\ddot{\xi}_1 + (-K_{11} - K_{12})\dot{Z} - (C_{11} + C_{12})Z + (K_{12}e_1 - K_{11}e_1)\dot{\phi}_x + (C_{12}e_1 - C_{11}e_1)\phi_x \\
 - (K_{11}a + K_{12}a)\dot{\phi}_y - (C_{11}a + C_{12}a)\phi_y + (K_{11} + K_{12} + K_{L1} + K_{R1})\dot{\xi}_1 \\
 + (C_{11} + C_{12} + C_{L1} + C_{R1})\xi_1 + (K_{11}e_1 - K_{12}e_1 + K_{L1}e_1 - K_{R1}e_1)\dot{\phi}_1 \\
 + (C_{11}e_1 - C_{12}e_1 + C_{L1}e_1 - C_{R1}e_1)\phi_1 \\
 = C_{R1}q_{R1} + K_{R1}\dot{q}_{R1} + C_{L1}q_{L1} + K_{L1}\dot{q}_{L1}
 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 I_{1x}\ddot{\phi}_1 + (K_{12}e_1 - K_{11}e_1)\dot{Z} + (C_{12}e_1 - C_{11}e_1)Z - (K_{11}e_1^2 + K_{12}e_1^2)\dot{\phi}_x - (C_{11}e_1^2 \\
 + C_{12}e_1^2 + C_{RF})\phi_x + (K_{12}e_1a - K_{11}e_1a)\dot{\phi}_y + (C_{12}e_1a - C_{11}e_1a)\phi_y \\
 + (K_{11}e_1 - K_{12}e_1 + K_{L1}e_1 - K_{R1}e_1)\dot{\xi}_1 + (C_{11}e_1 - C_{12}e_1 + C_{L1}e_1 \\
 - C_{R1}e_1)\xi_1 + (K_{11}e_1^2 + K_{12}e_1^2 + K_{L1}e_1^2 + K_{R1}e_1^2)\dot{\phi}_1 + (C_{11}e_1^2 \\
 + C_{12}e_1^2 + C_{L1}e_1^2 - C_{R1}e_1^2 + C_F)\phi_1 \\
 = -C_{R1}e_1q_{R1} - K_{R1}e_1\dot{q}_{R1} + C_{L1}e_1q_{L1} + K_{L1}e_1\dot{q}_{L1}
 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 m_2\ddot{\xi}_2 + (-K_{21} - K_{22})\dot{Z} - (C_{21} + C_{22})Z + (K_{22}e_2 - K_{21}e_2)\dot{\phi}_x + (C_{22}e_2 - C_{21}e_2)\phi_x \\
 + (K_{21}b + K_{22}b)\dot{\phi}_y + (C_{21}b + C_{22}b)\phi_y + (K_{21} + K_{22} + K_{L2} + K_{R2})\dot{\xi}_2 \\
 + (C_{21} + C_{22} + C_{L2} + C_{R2})\xi_2 + (K_{21}e_2 - K_{22}e_2 + K_{L2}e_2 - K_{R2}e_2)\dot{\phi}_2 \\
 + (C_{21}e_2 - C_{22}e_2 + C_{L2}e_2 - C_{R2}e_2)\phi_2 \\
 = C_{R2}q_{R2} + K_{R2}\dot{q}_{R2} + C_{L2}q_{L2} + K_{L2}\dot{q}_{L2}
 \end{aligned} \quad (7)$$

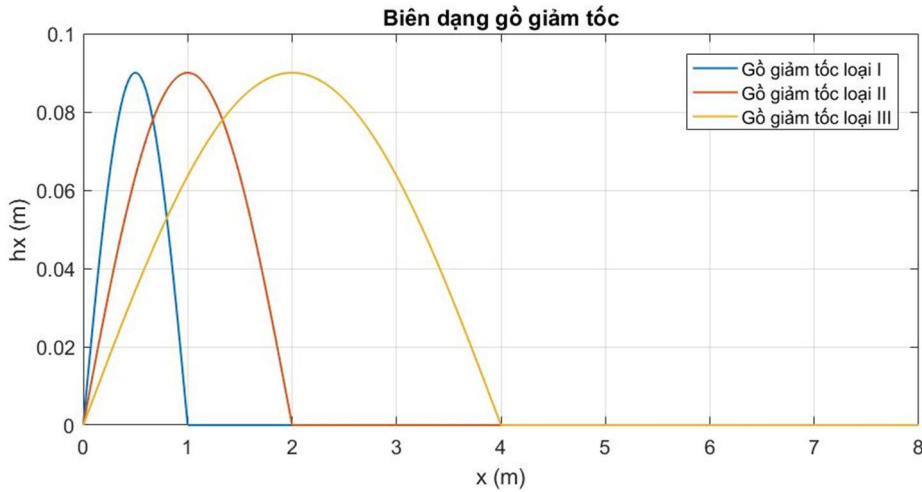
$$\begin{aligned}
 I_{2x}\ddot{\phi}_2 + (K_{21}e_2 + K_{22}e_2)\dot{Z} + (C_{22}e_2 - C_{21}e_2)Z + (K_{21}e_2^2 - K_{22}e_2^2)\dot{\phi}_x \\
 - (C_{21}e_2^2 + C_{22}e_2^2 + C_R)\phi_x + (K_{21}e_2b + K_{22}e_2b)\dot{\phi}_y \\
 + (C_{21}e_2b - C_{22}e_2b)\phi_y + (K_{21}e_2 - K_{22}e_2)\dot{\xi}_2 \\
 + (C_{21}e_2 - C_{22}e_2 + C_{L2}e_2 - C_{R2}e_2)\xi_2 \\
 + (K_{21}e_2^2 + K_{22}e_2^2 + K_{L2}e_2^2 + K_{R2}e_2^2)\dot{\phi}_2 \\
 + (C_{21}e_2^2 + C_{22}e_2^2 + C_{L2}e_2^2 + C_{R2}e_2^2 + C_{RR})\phi_2 \\
 = -C_{R2}e_2q_{R2} - K_{R2}e_2\dot{q}_{R2} + C_{L2}e_2q_{L2} + K_{L2}e_2\dot{q}_{L2}
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$m_{ng1}\ddot{Z}_1 = c_{gi1}(Z_{san} - Z_1) + k_{gi1}(\dot{Z}_{san} - \dot{Z}_1) \tag{9}$$

Mô hình không gian khảo sát dao động của xe khách giường nằm gồm 8 bậc tự do được miêu tả và biểu diễn bởi hệ thống 8 phương trình vi phân bậc 2.

2.2. Xây dựng mô hình miêu tả biên dạng gồ giảm tốc

Biên dạng gồ giảm tốc được mô hình toán theo [1], biên dạng được viết và thể hiện bằng matlab như trên hình 4.



Hình 4. Biên dạng mặt đường của gồ giảm tốc

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

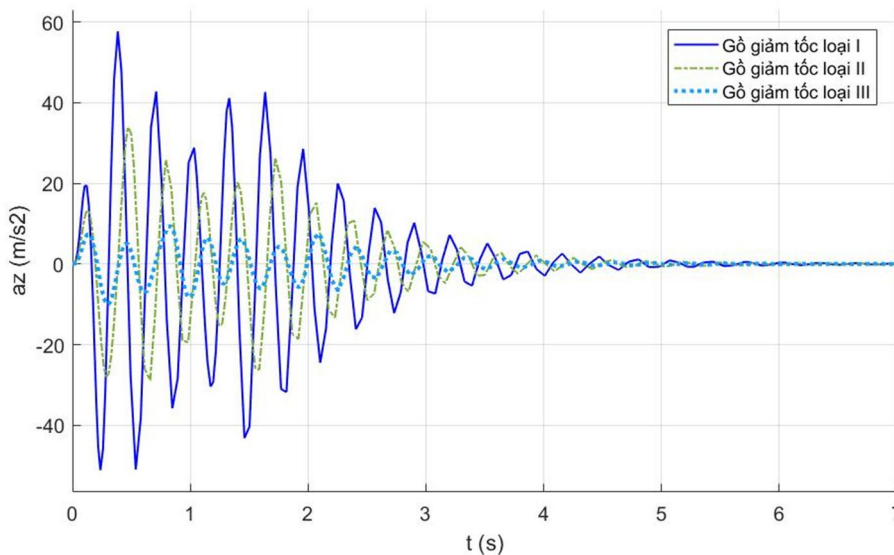
Mô hình khảo sát độ êm dịu xe khách giường nằm sẽ được áp dụng trong trường hợp khảo sát xe chạy qua các loại gồ giảm tốc với các vận tốc khác nhau và cụ thể tại các vận tốc $V = 20\text{km/h}$; $V = 40\text{km/h}$; $V = 60\text{km/h}$.

Bảng 2. Bảng giá trị các thông số của mô hình

TT	Tên các thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng được treo	M	kg	13403
2	Mô men quán tính của thân xe theo trục x	Jx	kg.m ²	9664
3	Mô men quán tính của thân xe theo trục y	Jy	kg.m ²	45469
3	Khối lượng cầu trước	m1	kg	746
4	Khối lượng cầu sau	m2	kg	1355
5	Độ cứng hệ thống treo cầu trước bên phải	C11	N/m	200000

6	Độ cứng hệ thống treo cầu trước bên trái	C12	N/m	200000
7	Hệ số giảm chấn hệ thống treo cầu trước bên phải	K11	Ns/m	20000
8	Hệ số giảm chấn hệ thống treo cầu trước bên trái	K12	Ns/m	20000
9	Độ cứng hệ thống treo cầu sau bên phải	C21	N/m	400000
10	Độ cứng hệ thống treo cầu sau bên trái	C22	N/m	400000
11	Hệ số giảm chấn hệ thống treo cầu sau bên phải	K21	Ns/m	40000
12	Hệ số giảm chấn hệ thống treo cầu sau bên trái	K22	Ns/m	40000
13	Hệ số độ cứng của một quả lốp	CL	N/m	1000000
14	Hệ số giảm chấn của lốp	KL	Ns/m	150
15	Chiều dài cơ sở	L	m	6
16	Khoảng cách từ tâm cầu trước đến tọa độ trọng tâm	a	m	4,098
17	Khoảng cách từ tâm cầu sau đến tọa độ trọng tâm	b	m	1,902
18	Khoảng cách từ tâm cầu trước đến vết bánh xe cầu trước	f1	m	1
19	Khoảng cách từ tâm cầu sau đến vết của bánh cầu sau	f2	m	1
20	Khoảng cách từ tọa độ trọng tâm đến vị trí treo của hệ thống treo cầu trước	e1	m	1
21	Khoảng cách từ tọa độ trọng tâm đến vị trí treo của hệ thống treo cầu sau	e2	m	1
22	Hệ số độ cứng của thanh chống lật lắp trên cầu trước	CRF	N/m	30000
23	Hệ số độ cứng của thanh chống lật lắp trên cầu sau	CRR	N/m	30000
24	Hệ số độ cứng của đệm giường nằm	Cgii	N/m	40000
25	Hệ số giảm chấn của đệm giường nằm	Kgii	Ns/m	220

Kết quả khảo sát



Hình 5. Giá trị gia tốc tại giường nằm thứ nhất khi đi qua các gò giảm tốc với $V = 20\text{km/h}$

Qua biểu đồ đồ thị phản ánh giá trị gia tốc tại vị trí giường nằm thứ nhất khi xe đi qua các biên dạng gò giảm tốc với vận tốc $V = 20\text{km/h}$ nhận thấy giá trị đỉnh của gia tốc dao động tại vị trí giường nằm thứ nhất thay đổi theo biên dạng của các loại gò giảm tốc loại I, loại II, loại III.

Bảng 3. Giá trị RMS tại vị trí giường nằm thứ nhất

Biên dạng	Giá trị RMS	Giá trị gia tốc RMS khi xe đi qua gò giảm tốc với các vận tốc khác nhau ($t=7s$)		
		V = 20km/h	V = 40km/h	V = 60km/h
Biên dạng gò giảm tốc loại I		0,1126	0,03388	0,01405
Biên dạng gò giảm tốc loại II		0,01143	0,06041	0,009755
Biên dạng gò giảm tốc loại III		0,02257	0,03061	0,03999

Kết quả bảng giá trị RMS phản ánh khi xe đi qua các loại gò giảm tốc ở các vận tốc khác nhau $V = 20\text{km/h}$, $V = 40\text{km/h}$, $V = 60\text{km/h}$:

- Gò giảm tốc loại I ghi nhận giá trị RMS đạt giá trị cao nhất tương ứng với vận tốc $V = 20\text{km/h}$.
- Gò giảm tốc loại II ghi nhận giá trị RMS đạt giá trị cao nhất tương ứng với vận tốc $V = 40\text{km/h}$.
- Gò giảm tốc loại III ghi nhận giá trị RMS đạt giá trị cao nhất tương ứng với vận tốc $V = 60\text{km/h}$.

4. KẾT LUẬN

Mức độ phản ánh độ thoải mái của hành khách khi di chuyển bằng xe khách giường nằm được phản ánh qua chỉ số RMS. Giá trị RMS càng nhỏ càng phản ánh tốt độ thoải mái của hành khách khi di chuyển. Giá trị RMS sẽ phụ thuộc vào kích thước của gò giảm tốc và quyết định của người lái bằng cách lựa chọn vận tốc của phương tiện khi đi qua gò giảm tốc.

Kết quả khảo sát nhận thấy với mỗi một biên dạng gò giảm tốc sẽ tạo nên một giá trị RMS thay đổi tại vị trí giường nằm khi xe di chuyển qua với các vận tốc khác nhau. Với các trường hợp khảo sát ghi nhận giá trị nhỏ nhất RMS khi xe đi qua biên dạng gò giảm tốc loại I, loại II tại vận tốc $V = 60\text{km/h}$, còn với gò giảm tốc loại III là tại vận tốc $V = 20\text{km/h}$. Đây sẽ là kết quả tham vấn hỗ trợ cho người quản lý giao thông khi lựa chọn chủng loại gò giảm tốc phù hợp với mục tiêu hạn chế tốc độ của phương tiện.

DANH MỤC DANH PHÁP/KÝ HIỆU

- hx : Chiều cao mấp mô gò giảm tốc (m)
 x : Tọa độ mặt đường cắt ngang (m)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Weber Philip A, *Toward A Canada standard for the geometric design of speed bump* _ Carleton university Ottawa, Ontario, Canada, 1998.
- [2]. 1578/QĐ-BGTVT, 2017, *Quyết định về việc ban hành hướng dẫn tạm thời xây dựng gò giảm tốc, gò giảm tốc tại vị trí đường bộ giao cắt cùng mức với đường sắt*, Bộ giao thông vận tải.
- [3]. Reza N. Jazar, 2008. *Vehicle dynamics Theory and application*, Springer.
- [4]. Thomas D. Gillespie, *Fundamentals of vehicle dynamic*, Society of automobtive enginneers, Inc.
- [5]. Reza N. Jazar, 2013. *Advanced Vibrations a modernp approach*, Springer.
- [6]. Nguyen Manh Truong, Vu Duc Lap, Nguyen Thanh Quang, *Investigating effect of changing base length to motion comfort on coach is made and assembly at Vietnam*, 2018, 1st INDO-ASEAN conference on innovative approaches in applied sciences and technologies.