

# XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ KHẢO SÁT DAO ĐỘNG XE KHÁCH GIƯỜNG NẪM ĐƯỢC SẢN XUẤT VÀ LẮP RÁP TẠI VIỆT NAM TRONG MIỀN TẦN SỐ

STUDY MODEL AND ANALYSIS OSCILLATION OF SLEEPER COACH IS MANUFACTURED,  
OPERATED AND EXPLOITED IN VIETNAM IN FREQUENCY DOMAIN

Nguyễn Trịnh Nguyên<sup>1</sup>, Phan Hoài Thanh<sup>2</sup>,  
Nguyễn Mạnh Trường<sup>3,\*</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.040>

## TÓM TẮT

Trong các tác động ảnh hưởng đến dao động của xe khách giường nằm thì ảnh hưởng của biên dạng mặt đường là một trong các nguồn gây lên các tác động chính. Biên dạng mặt đường phổ biến được miêu tả bằng các hàm điều hòa hình sine. Trong miền tần số các biên dạng mặt đường điều hòa khác nhau được thể hiện qua hai thông số biên độ và pha. Sự tác động của các biên dạng mặt đường khác nhau lên ô tô được thể hiện thông qua hàm truyền giữa biên dạng mặt đường và chuyển vị của thân xe. Mô hình bài báo dùng trong khảo sát dao động của xe khách giường nằm là mô hình không gian. Hệ phương trình vi phân mô tả cơ hệ của xe khách giường nằm gồm bảy phương trình vi phân mô tả dao động của 7 bậc tự do thể hiện dao động của ô tô khách giường nằm. Ma trận hàm truyền sau khi xây dựng được thể hiện dưới dạng biểu đồ thông qua phương pháp tính toán số học sử dụng trong phần mềm tính toán Matlab.

**Từ khóa:** Mô hình dao động xe khách giường nằm, mô hình dao động không gian, dao động trong miền tần số.

## ABSTRACT

These are many factors effect on oscillation of sleeper coach. One of the most main effect is road profile. Common road profile is represented by sine profiles. In frequency domain different sine profiles are written by two parameters is amplitude and frequency. The effect of different road profiles on vehicle is expressed by transfer function matrix between road profile and displacement of sprung mass. Study model in article is full car vibrating model. The equations of motion for the full car vibration model of sleeper coach includes seven equations correspondingly seven freedom degrees. The equation of motion is written by matrix form. Function transfer matrix will be calculated by numerical method and use the Matlab software.

**Keywords:** Sleeper coach oscillation model, full car model, oscillation in frequency domain.

<sup>1</sup>Trường Đại học Nông Lâm Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Trường Cao đẳng Giao thông vận tải Trung ương 6

<sup>3</sup>Học viện Nông nghiệp Việt Nam

\*Email: [truong.nguyen@vnua.edu.vn](mailto:truong.nguyen@vnua.edu.vn)

Ngày nhận bài: 15/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình hoạt động, dưới tác dụng của biên dạng mặt đường, dao động được truyền lên thân xe và truyền đến con người trên xe như hành khách và người lái. Các tác động này tạo nên các cảm giác say xe và khó chịu đối với người trên xe, nếu các tác dụng này ảnh hưởng đến con người trong thời gian dài có thể gây lên các bệnh lý về sức khỏe [3].

Khảo sát dao động xe khách giường nằm có thể sử dụng phương pháp mô hình hóa theo mô hình  $\frac{1}{4}$  [7], mô hình  $\frac{1}{2}$ , mô hình không gian [1:6]. Trong đó mô hình dao động không gian phản ánh một cách đầy đủ và toàn diện về cơ hệ. Mô hình không gian cho phép khảo sát những ảnh hưởng và tác động của từng thành phần tham gia vào hệ thống treo. Một số nghiên cứu trước đây chưa kể đến sự tham gia đầy đủ các thông số của hệ thống treo: hệ số độ cản của lớp [2, 4], các thanh ổn định trên xe... Hệ thống treo khí nén trên xe được mô hình hóa bằng các phần tử đàn hồi tuyến tính [4].

Mô hình dao động sau khi được xây dựng có thể khảo sát trong miền thời gian [1, 3] và miền tần số [7]. Trong đó mô hình dao động xe khách giường nằm chưa có nghiên cứu nào để cập đến việc xây dựng mô hình không gian nhằm khảo sát dao động của xe trong miền tần số.

Biên dạng mặt đường có thể được miêu tả bằng các biên dạng mặt đường khác nhau [4-6] nhưng thường được mô tả chủ yếu bằng biên dạng mặt đường điều hòa hoặc biên dạng mặt đường ngẫu nhiên. Trong đó biên dạng mặt đường ngẫu nhiên có thể được miêu tả toán học bằng tổng các biên dạng điều hòa [8]. Trong miền tần số biên dạng điều hòa được thể hiện qua các thông số biên độ, tần số, góc pha.

Bài báo xây dựng mô hình khảo sát dao động không gian của chủng loại xe khách giường nằm có sự tham gia của các hệ số độ cản của lớp và độ cứng của thanh ổn định được ứng dụng khảo sát trong miền tần số. Mô hình tập trung mô tả sự phụ thuộc giữa dịch chuyển của tọa độ trọng tâm thân xe với biên dạng mặt đường tác động lên xe khách giường nằm

bằng phương pháp hàm truyền sẽ tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình khảo sát ảnh hưởng của các biên dạng mặt đường với hệ thống treo của xe khách giường nằm. Nội dung của bài báo sẽ tập trung vào việc xây dựng hàm truyền để phục vụ cho các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến hệ thống treo của chủng loại xe khách giường nằm.

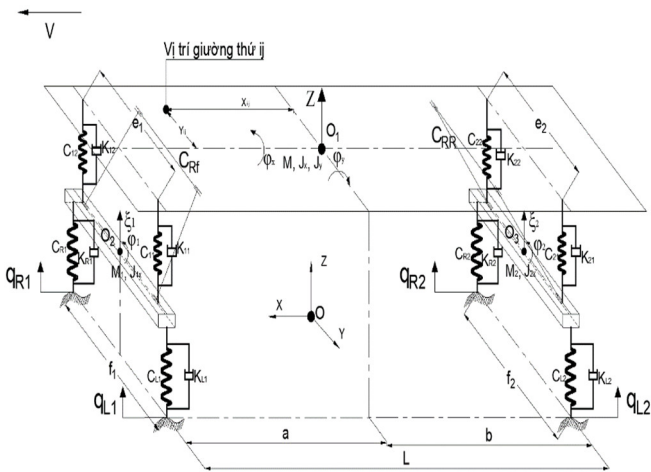
**2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHẢO SÁT**

**2.1. Mô hình hóa dao động xe khách giường nằm**

Mô hình được xây dựng bằng việc mô hình hóa cơ hệ gồm các khối lượng tập trung được treo và không được treo. Các phần tử của hệ thống treo được thay thế bằng các phần tử đàn hồi và giảm chấn tuyến tính [6]. Mô hình trong nghiên cứu này có được bổ sung thêm thông số độ cứng phản ánh cho các thanh chống lật  $C_{RR}, C_{RR}$ . Sự bổ sung thông số của các thanh chống lật trong mô hình nghiên cứu dự kiến sẽ phản ảnh thực tế hơn sự thay đổi của góc xoay của thân xe.

Mô hình gồm 7 bậc tự do gồm các biến kết quả khảo sát:  $Z, \varphi_x, \varphi_y, \xi_1, \varphi_1, \xi_2, \varphi_2$ .

Các biến đầu vào là các biên dạng mặt đường tác động vào các lớp:  $q_{L1}, q_{R1}, q_{L2}, q_{R2}$ .



Hình 1. Mô hình hóa dao động xe khách giường nằm

**2.2. Xây dựng hệ phương trình vi phân mô tả dao động**

Hệ phương trình vi phân mô tả cơ hệ được thiết lập và xây dựng bằng việc áp dụng phương trình Lagrange loại II. Sau một quá trình biến đổi hệ phương trình cuối cùng mô tả cơ hệ gồm 07 phương trình vi phân bậc 2. Các hệ phương trình được biến đổi và thể hiện dưới dạng hệ phương trình không gian trạng thái.

$$\dot{X} = AX + Bu \tag{1}$$

$$Y = CX + Du \tag{2}$$

Trong đó:

X: Véc tơ trạng thái (14x1)

$$X^T = [Z, \dot{Z}, \varphi_x, \dot{\varphi}_x, \varphi_y, \dot{\varphi}_y, \xi_1, \dot{\xi}_1, \varphi_1, \dot{\varphi}_1, \xi_2, \dot{\xi}_2, \varphi_2, \dot{\varphi}_2]$$

Y: Véc tơ đầu ra (14x1) gồm các biến đầu ra tương ứng với biến X

A, B, C, D là các ma trận trạng thái A (14x14), B (14x8), C (14x14), D (14x8).

u: Véc tơ đầu vào (8x1);

$$u^T = [q_{R1}, \dot{q}_{R1}, q_{L1}, \dot{q}_{L1}, q_{R2}, \dot{q}_{R2}, q_{L2}, \dot{q}_{L2}]$$

Với  $q_{R1}, q_{L1}, q_{R2}, q_{L2}$  lần lượt là các biên dạng mặt đường tác động vào các bánh xe.

**2.3. Hàm truyền tần số**

Thực hiện phép biến đổi Laplace hệ phương trình không gian trạng thái

$$sX(s) = AX(s) + Bu(s) \tag{3}$$

$$Y(s) = CX(s) + Du(s) \tag{4}$$

Thu gọn X(s) theo phương trình (3) thay vào phương trình (4) dưới ta thu được:

$$\Rightarrow Y(s) = (C(sI - A)^{-1}B + D)u(s)$$

$$\text{Hàm truyền: } H(s) = \frac{Y(s)}{u(s)} = C(sI - A)^{-1}B + D$$

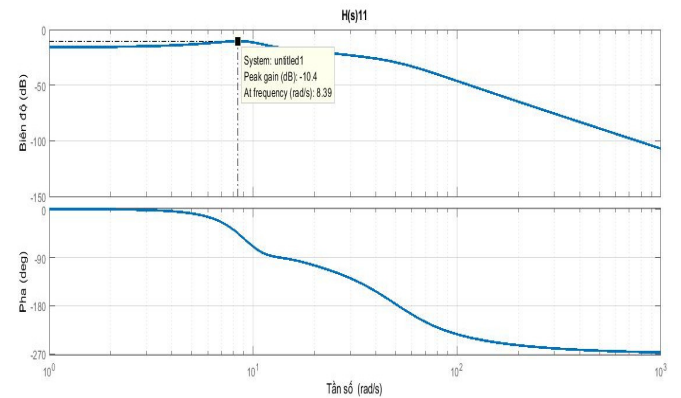
H(s) là một ma trận hàm truyền có kích thước (14x8).

Dịch chuyển của thân xe với các tín hiệu đầu vào tác động được thể hiện qua các phần tử hàm truyền của hàng thứ nhất của ma trận hàm truyền  $H(s)_{ij}$  với  $i = 1; j = 1:8$ .

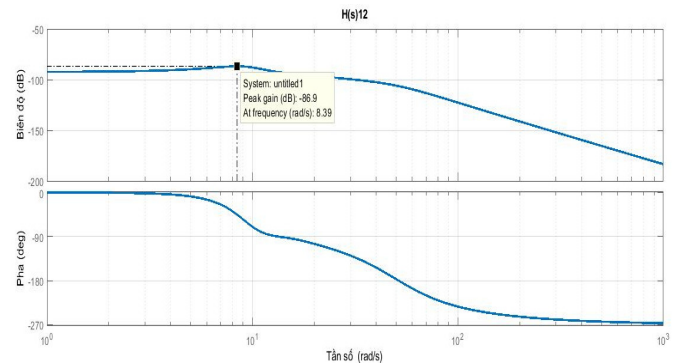
**3. KẾT QUẢ**

Các thông số kết cấu đặc trưng của chủng loại xe khách giường nằm được sử dụng trong khảo sát và tính toán ở bài báo này được tham khảo theo tài liệu số [6].

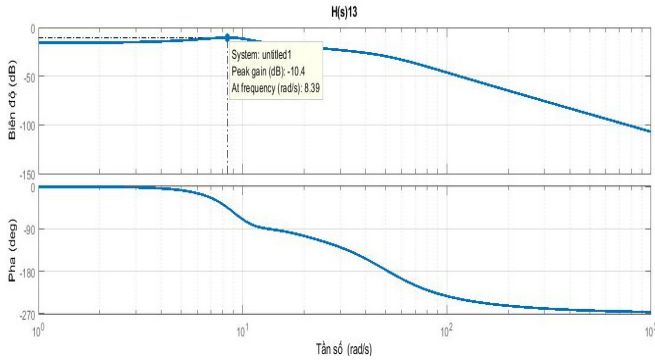
Bằng công cụ tính toán Matlab kết quả các phần tử của ma trận hàm truyền gây lên dịch chuyển của khối lượng được treo với các thông số đầu vào là dịch chuyển và tốc độ dịch chuyển của biên dạng mặt đường được xác định.



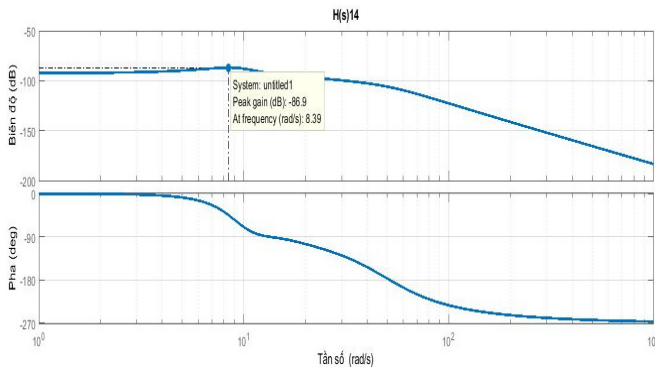
Hình 2. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,1}$



Hình 3. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,2}$

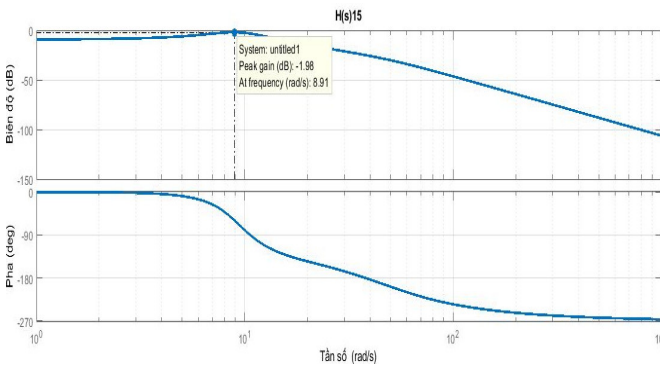


Hình 4. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,3}$

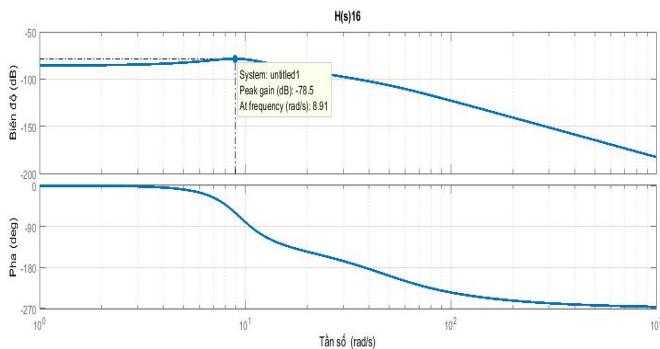


Hình 5. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,4}$

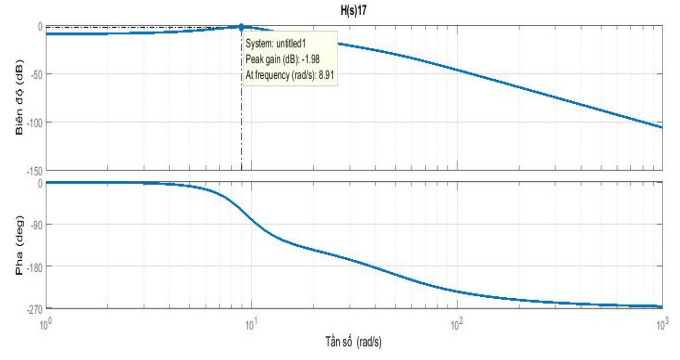
Qua biểu đồ các hàm truyền  $H(s)_{1,1}$ ,  $H(s)_{1,2}$ ,  $H(s)_{1,3}$ ,  $H(s)_{1,4}$  cho thấy giá trị đỉnh của các hàm truyền đạt ở giá trị tần số góc 8,39 (rad/s) tương ứng với các tín hiệu đầu vào tác động vào xe khách giường nằm là dịch chuyển và tốc độ dịch chuyển của biên dạng mặt đường tác động và cầu trước của xe khách giường nằm.



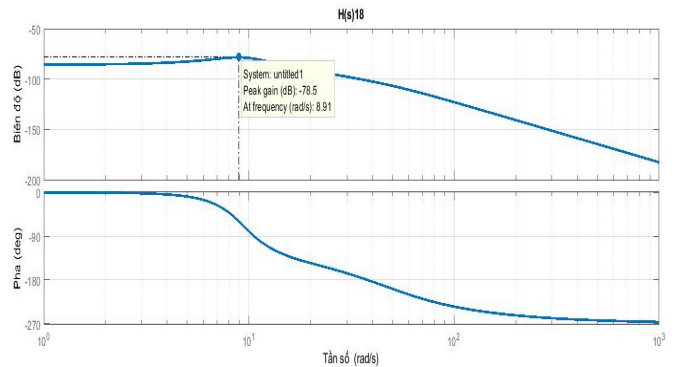
Hình 6. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,5}$



Hình 7. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,6}$



Hình 8. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,7}$



Hình 9. Đặc tính tần số biên độ của hàm truyền  $H(s)_{1,8}$

Qua biểu đồ các hàm truyền  $H(s)_{1,5}$ ,  $H(s)_{1,6}$ ,  $H(s)_{1,7}$ ,  $H(s)_{1,8}$  cho thấy giá trị đỉnh của các hàm truyền đạt ở tần số góc 8,91 (rad/s) tương ứng với các tín hiệu đầu vào tác động vào xe khách giường nằm là các dịch chuyển và tốc độ dịch chuyển của biên dạng mặt đường tác động vào cầu sau của xe khách giường nằm.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng ma trận hàm truyền để khảo sát ảnh hưởng của các tín hiệu đầu vào là các dịch chuyển và tốc độ dịch chuyển của biên dạng mặt đường đến dịch chuyển của khối lượng được treo của xe khách giường nằm trong miền tần số cũng như các giá trị của các thông số khác phản ánh dao động của xe khách giường nằm thể hiện trong ma trận hàm truyền.

Kết quả tính toán trong bài báo cho thấy các giá trị đỉnh của các hàm truyền phản ánh mối quan hệ giữa dịch chuyển của khối lượng được treo và các tín hiệu đầu vào xảy ra ở các tần số góc 8,39 (rad/s) tương ứng với tác động của biên dạng và tốc độ của biên dạng tác động vào cầu trước và giá trị tần số góc 8,91 (rad/s) tương ứng với tác động của biên dạng và tốc độ của biên dạng tác động vào cầu sau của xe khách giường nằm.

Các kết quả hàm truyền đã được xây dựng ở nghiên cứu này sẽ được áp dụng trong các bài báo nghiên cứu tiếp theo như khảo sát sự ảnh hưởng của các thông số của hệ thống treo cũng như tìm các giá trị tối ưu của hệ thống treo để cải thiện chất lượng dao động của phương tiện xe khách giường nằm, đây là một đối tượng xe được sản xuất và lắp ráp tại Việt Nam, hiện đang được sử dụng phổ biến trong vận chuyển hành khách liên tỉnh ở Việt Nam.

---

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Galal Ali Hassaan, Nasser Abdul-Azim Mohammed, "Frequency Response of 10 degrees of freedom full-car model for ride comfort," *International journal of scientific research engineering & technology*, 2015. DOI: 10.1234/IJSRET.2015.120952
- [2]. Georg Rill, *Road vehicle dynamic fundamentals and modeling*. CRC press Taylor & Francis group, 2012.
- [3]. Dragan Sekulic, Vlastimir Dedovic, Slavisa Salinic, Aleksandar Obradovic, "Analysis of vibration effect on the comfort of intercity bus users by oscillatory model with ten degree of freedom," *Applied Mathematical Modelling*, 37, 18-19, 8629-8644, 2013. DOI: 10.1016/j.apm.2013.03.060.
- [4]. Truong Nguyen Manh, Lap Vu Duc, Quang Nguyen Thanh, "Investigating the effect of speed humps' dimension parameter to the comfort of sleeper coaches' passengers using full car model," in *The 5th National Scientific Conference on Mechanical Engineering*, 2018.
- [5]. Truong Nguyen Manh, Lap Vu Duc, Quang Nguyen Thanh, "Investigate effect random road profile to passenger comfort travelling by sleeping coach," *Transport and Communication Science Journal*, 2018.
- [6]. Truong Nguyen Manh, Lap Vu Duc, Quang Nguyen Thanh, "Evaluation motion comfort of sleeper coach, the type of vehicle is manufactured and assembled at Vietnam, effect of random road profile based on standard ISO 8608," *Advances in engineering research and application. Lecture note in networks and systems*, 104, Springer, Cham, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-37497-6\_35
- [7]. Jozef Melcer, Veronika Valaskova, "Vehicle model response in frequency domain," MATEC Web of Conferences, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202031300009>, 2020.
- [8]. M. Agostinacchio, D. Ciampa, S. Olita, "The vibrations induced by surface irregularities in road pavement - a Matlab approach," *European Transport Research Review*, 6, 267-275, 2014. DOI 10.1007/s12544-013-0127-8

---

**AUTHORS INFORMATION**

**Nguyen Trinh Nguyen<sup>1</sup>, Phan Hoai Thanh<sup>2</sup>, Nguyen Manh Truong<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Nong Lam University, Vietnam

<sup>2</sup>Central Transport College VI, Vietnam

<sup>3</sup>Vietnam National University of Agriculture, Vietnam