



ISSN 1859 - 2724

Tạp chí

KHOA HỌC

GIAO THÔNG VẬN TẢI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC GTVT - BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

HỘI NGHỊ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ LẦN THỨ XXI



SỐ ĐẶC BIỆT - THÁNG 11/2018

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BIÊN DẠNG MẶT ĐƯỜNG NGẪU NHIÊN ĐẾN ĐỘ ÊM DỊU CHUYỂN ĐỘNG TÁC ĐỘNG LÊN CẢM GIÁC CỦA HÀNH KHÁCH KHI ĐI CHUYỂN BẰNG XE KHÁCH GIƯỜNG NẪM

NGUYỄN MẠNH TRƯỜNG^{1,2}, VŨ ĐỨC LẬP², NGUYỄN THANH QUANG³

¹Viện nghiên cứu Cơ khí, ²Học viện kỹ thuật quân sự, ³Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
Email liên hệ: truong1601@gmail.com

Tóm tắt: Bài báo trình bày mô hình hóa biên dạng ngẫu nhiên của mặt đường bằng phần mềm Matlab dựa trên tiêu chuẩn ISO 8608. Biên dạng ngẫu nhiên sau khi xây dựng được ứng dụng trong khảo sát đánh giá độ êm dịu chuyển động tác động đến cảm giác của hành khách di chuyển bằng xe khách giường nằm. Cảm giác của hành khách được đánh giá thông qua chỉ số RMS và dựa theo tiêu chuẩn ISO 2631-1. Mô hình dao động của xe khách giường nằm dùng để khảo sát là mô hình dao động không gian. Bài toán được giải bằng phương pháp số với ứng dụng là phần mềm Matlab để đưa ra các kết quả và đánh giá.

Từ khóa: Độ êm dịu; mô hình đầy đủ; đường ngẫu nhiên; mô hình động lực học; xe khách; xe khách giường nằm.

Abstract: This study introduces the model of random deformation on road surface by Matlab software as per the ISO 8608 and applies this random road surface profile to evaluate comfort of passengers traveling by sleeping coach. The comfort is determined by RMS acceleration according to vibration evaluation of the ISO 2631-1. Evaluation model of a sleeping coach is the full car model. The problem is solved by a digital method with Matlab software to provide the results and evaluation.

Keywords: Ride comfort; full car model; random road; dynamic model; coach; sleeping coach.

Ngày nhận bài: 31/8/2018

Ngày chấp nhận đăng: 26/9/2018

Ngày nhận bài sửa: 4/10/2018

I. LỜI GIỚI THIỆU

Nghiên cứu độ êm dịu chuyển động tác động đến cảm giác của con người khi di chuyển bằng ô tô là một vấn đề được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới tập trung nghiên cứu với mục tiêu để nâng cao chất lượng phục vụ hành khách khi di chuyển bằng phương tiện này. Biên dạng mặt đường được đánh giá là một nguồn tác động chính ảnh hưởng đến độ êm dịu chuyển động. Biên dạng mặt đường thường được mô tả dưới các quy luật hình xung, sine ... Biên dạng mặt đường ngẫu nhiên phản ánh gần đúng quy luật thực tế của biên dạng đường. Bài báo trình bày quá trình mô hình hóa biên dạng mặt đường ngẫu nhiên và áp dụng của chúng trong khảo sát đánh giá độ êm dịu chuyển động tác động đến cảm giác của hành khách khi di chuyển bằng xe khách giường nằm.

II. CÁC NỘI DUNG CHÍNH

2.1. Cơ sở lý thuyết mô tả biên dạng mặt đường ngẫu nhiên

Theo tiêu chuẩn ISO 8608 [1] thì biên dạng ngẫu nhiên được miêu tả bằng mật độ phổ công suất (PSD) theo tần số và tần số góc:

$$G_d(n) = G_d(n_0) \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^{-w} \quad (2.1)$$

$$G_d(\Omega) = G_d(\Omega_0) \cdot \left(\frac{\Omega}{\Omega_0}\right)^{-w} \quad (2.2)$$

Trong đó: n, n_0 - Tần số và tần số tham khảo ($n_0 = 0,1 \text{ cycle/m}$); Ω, Ω_0 - Tần số góc và tần số góc tham khảo ($\Omega_0 = 1 \text{ rad/m}$); w - số mũ, thông thường lấy $w = 2$; $G_d(\Omega_0)$ - PSD chuyển vị tại tần số tham khảo Ω_0 ; $G_d(n_0)$ - PSD chuyển vị tại tần số tham khảo n_0 .

Biên dạng mặt đường theo ISO 8608 được phân ra thành các cấp độ từ A đến H. Trong đó cấp độ A có độ bằng phẳng biên dạng mặt đường là tốt nhất.

Biên dạng ngẫu nhiên của mặt đường được xác định thông qua quan hệ giữa hàm tương quan của chính tín hiệu và chuyển đổi Fourier.

Mối tương quan giữa PSD của một mẫu tín hiệu liên tục có tần số n trong dải tần số Δn [3]:

$$G_d(n_i) = \frac{\Psi_x^2(n_i, \Delta n)}{\Delta n} = \frac{\Psi_x^2(i, \Delta n, \Delta n)}{\Delta n} \quad (2.3)$$

Trong đó: n_i - tần số bất kỳ trong một dải; Δn - khoảng tần số ($\Delta n = 1/L_m$); i - giá trị thay đổi từ 0 đến N ($N = n_{\max}/\Delta n$); n_{\max} - Tần số lấy mẫu lý thuyết lớn nhất ($n_{\max} = 1/B_m$); L_m, B_m - Chiều dài đoạn đường lấy mẫu và khoảng lấy mẫu.

Một số nghiên cứu trên thế giới [4] đã chỉ ra biên dạng ngẫu nhiên có thể miêu tả:

$$h_x = \sum_{i=0}^N A_i \cos(2\pi n_i x + \varphi_i) \quad (2.4)$$

$$A_i = \sqrt{2} \psi_x = \sqrt{2 \cdot \Delta n G_d(n_i)} \quad (2.5)$$

Thay (2.5) vào (2.4) ta được:

$$h_x = \sum_{i=0}^N \sqrt{2 \cdot \Delta n \cdot G_d(i, \Delta n)} \cos(2\pi n_i x + \varphi_i) \quad (2.6)$$

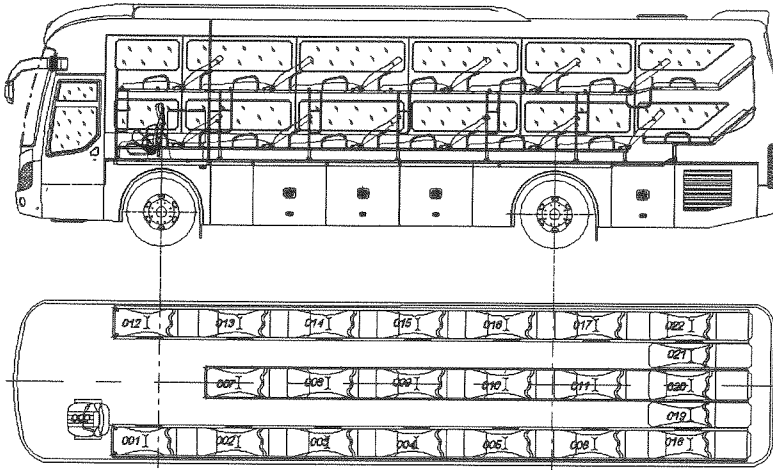
Trong đó φ_i : góc pha ngẫu nhiên tuân theo hàm phân bố chuẩn $[0, 2\pi]$.

Thay (2.1) vào (2.6) ta được miêu tả biên dạng mặt đường ngẫu nhiên:

$$h_x = \sum_{i=0}^N \sqrt{2 \cdot \Delta n} \cdot 2^k \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{n_0}{i \Delta n}\right) \cos(2\pi \cdot i \cdot \Delta n \cdot x + \varphi_i) \quad (2.7)$$

Với x - chiều dài quãng đường nằm trong khung $(0, L)$; k - giá trị hằng số đặc trưng cho các biên dạng mặt đường theo ISO 8608, k sẽ có giá trị từ 3 đến 9 tương ứng với các cấp đường từ A đến H.

2.2. Xây dựng mô hình khảo sát



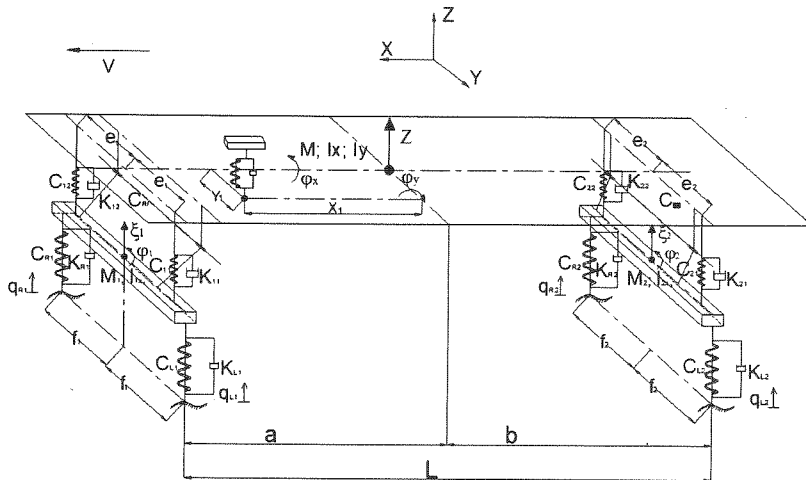
Hình 1. Sơ đồ bố trí giường nằm trên xe khách giường nằm

Với mục đích đánh giá độ êm dịu chuyển động tác động đến cảm giác của hành khách di chuyển bằng xe khách giường nằm nhóm tác giả tiến hành xây dựng mô hình khảo sát dao động sau đó lựa chọn khảo sát đánh giá độ thoải mái của hành khách tại một số vị trí giường nằm.

Các vị trí giường nằm được chọn là các vị trí giường nằm số 01, 15, 19 (hình 1). Các vị trí này đại diện cho các giường nằm được bố trí ở các vùng khác nhau trên xe.

Mô hình dao động của xe khách giường nằm được xây dựng bằng việc mô hình hóa các khối lượng tập trung của các khối lượng được treo và khối lượng không được treo, trong đó các vị trí 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.

Sử dụng phương trình Lagrang loại II thiết lập hệ phương trình vi phân mô tả dao động của cơ hệ gồm 8 bậc tự do: $Z, \varphi_x, \varphi_y, \xi_1, \varphi_1, \xi_2, \varphi_2, Z_1$ với các kích thích mặt đường tác động vào các bánh xe là $q_{L1}, q_{R1}, q_{L2}, q_{R2}$.



Hình 2. Mô hình dao động không gian của xe khách giường nằm

Hệ phương trình gồm 8 phương trình vi phân được biến đổi và giải theo mô hình không gian trạng thái:

$$\dot{X} = AX + Bu \quad (2.8)$$

$$Y = CX + Du$$

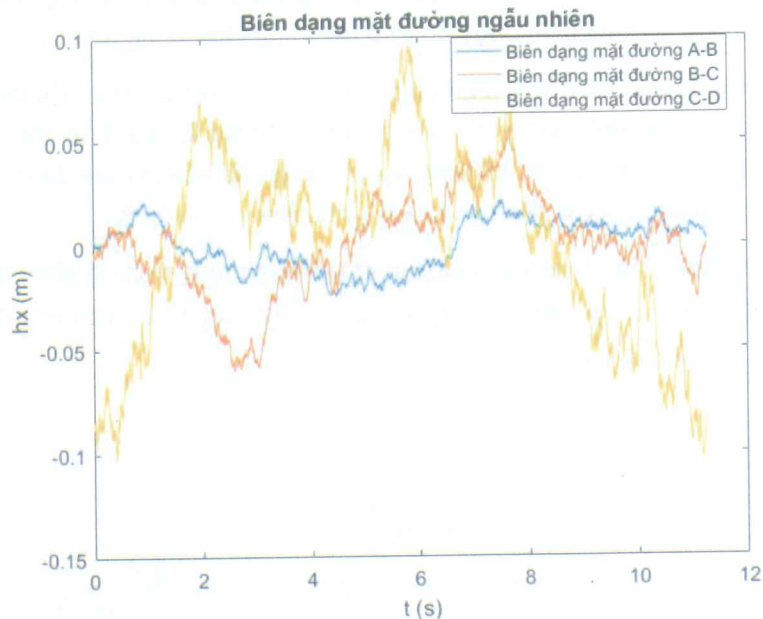
Trong đó: X - Ma trận biến trạng thái (16x1). $X^T = [Z, \dot{Z}, \varphi_x, \dot{\varphi}_x, \varphi_y, \dot{\varphi}_y, \xi_1, \dot{\xi}_1, \varphi_1, \dot{\varphi}_1, \xi_2, \dot{\xi}_2, \varphi_2, \dot{\varphi}_2, Z_1, \dot{Z}_1]$; Y - Ma trận giá trị đầu ra (16x1); A, B, C, D - Ma trận hệ thống. A (16x16), B (16x4), C (16x16), D (16x4); u - Ma trận kích thích đầu vào (4x1).

2.3. Miêu tả biên dạng ngẫu nhiên và các thông số đầu vào

Biên dạng ngẫu nhiên có mô hình toán theo (2.7) và được thể hiện qua hình 3.

Giả thiết tác động biên dạng của bánh bên trái và bên phải là như nhau.

Biên dạng ngẫu nhiên tác động lên bánh sau có giá trị như tác động vào bánh trước nhưng chậm pha một khoảng thời gian $t_t = L/V$.

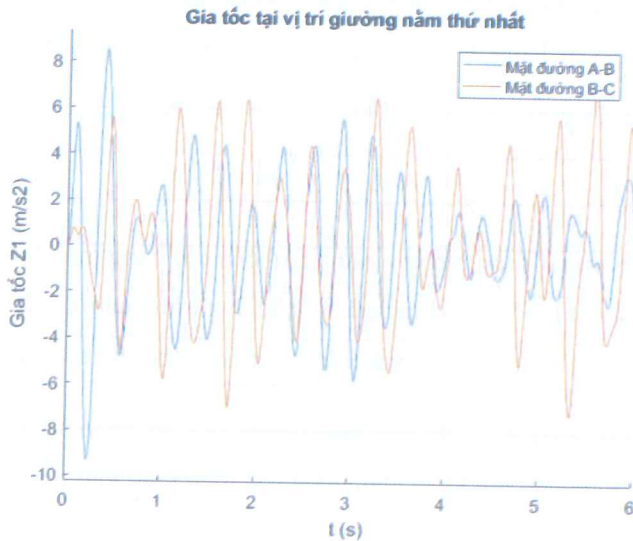


Hình 3. Biên dạng mặt đường ngẫu nhiên tác động vào bánh xe tại $V = 80\text{km/h}$

2.4. Kết quả và thảo luận

Xe khách giường nằm là đối tượng vận chuyển hành khách ở các cự ly trung bình và xa, xe vận hành chủ yếu ở các đường liên tỉnh, cao tốc nên tác giả lựa chọn các chủng loại đường có biên dạng A-B, B-C với các vận tốc vận hành $V = 60\text{km/h}$, $V = 80\text{km/h}$, $V = 100\text{km/h}$.

Để đánh giá tác động của biên dạng ngẫu nhiên lên hành khách khi di chuyển bằng xe khách giường nằm, tác giả sử dụng thông số RMS trong tiêu chuẩn ISO 2631-1 [1].



Hình 4. Giá trị gia tốc tại giường nằm thứ nhất khi đi qua các biên dạng mặt đường khác nhau ở vận tốc $V = 80\text{km/h}$

Gia tốc tác động vào hành khách khi di chuyển bằng xe khách giường nằm dưới tác động của biên dạng mặt đường ngẫu nhiên cũng là một dạng tín hiệu ngẫu nhiên. Giá trị RMS thay đổi phụ thuộc vào dạng biên dạng ngẫu nhiên hay còn gọi là chất lượng mặt đường.

Bảng 1. Bảng tổng hợp kết quả khảo sát RMS tại các vị trí giường nằm 1, 15, 19

Giá trị RMS	Biên dạng mặt đường A-B			Biên dạng mặt đường B-C		
	RMS tại giường nằm thứ 1	RMS tại giường nằm thứ 15	RMS tại giường nằm thứ 19	RMS tại giường nằm thứ 1	RMS tại giường nằm thứ 15	RMS tại giường nằm thứ 19
Vận tốc $V = 60 \text{ km/h}$	2.217	0.2796	0.4802	0.7541	1.423	1.445
$V = 80\text{km/h}$	1.359	0.7576	0.1914	1.254	0.9989	0.1175
$V = 100\text{km/h}$	0.3046	2.062	0.06851	2.602	0.2574	1.405

Đối với trường hợp xe chạy ở điều kiện mặt đường A-B giá trị RMS lớn nhất có sự thay đổi theo vận tốc:

- Với vận tốc vận hành $V = 60\text{km/h}$, $V = 80\text{m/h}$ giá trị RMS đạt lớn nhất tại vị trí giường nằm thứ nhất.
- Với vận tốc vận hành $V = 100\text{km/h}$ giá trị RMS đạt lớn nhất tại vị trí giường nằm thứ 15.

Đối với trường hợp xe chạy ở điều kiện mặt đường B-C giá trị RMS lớn nhất:

- Với vận tốc vận hành $V = 60\text{km/h}$ giá trị RMS đạt lớn nhất tại vị trí giường nằm thứ 19.
- Với vận tốc vận hành $V = 80\text{km/h}$, $V = 100\text{km/h}$ giá trị RMS đạt lớn nhất tại vị trí giường nằm thứ 1.

III. KẾT LUẬN

Bài báo đã mô tả và áp dụng mô tả ngẫu nhiên của các dạng mặt đường ngẫu nhiên theo tiêu chuẩn ISO 8608 vào mô hình không gian của xe khách giường nằm để đánh giá độ êm dịu chuyển động tác động đến cảm giác của hành khách khi di chuyển bằng xe khách giường nằm.

Mô hình khảo sát được dùng để ứng dụng trong giải và khảo sát khi xe khách giường nằm vận hành ở các điều kiện vận tốc khác nhau và ở các điều kiện mặt đường khác nhau.

Kết quả khảo sát cho thấy giá trị RMS lớn nhất tại các vị trí giường nằm khi đi qua các biên dạng mặt đường khác nhau có sự thay đổi theo vận tốc vận hành.

Tài liệu tham khảo

- [1]. ISO 8608 standard (1995) Mechanical vibration, road surface profiles, Reporting of measured data.
- [2]. ISO 2631-1 standard (1997) Mechanical vibration and shock_ Evaluation of human exposure to whole body vibration_ Part 1: General requirements.
- [3]. Bendat JS, Piersol AG, 1986, Random data: Analysis and measurement procedures, 2nd edn, Wiley, NewYork.
- [4]. M. Agostinacchio, D. Ciampa, S. Olita, 2013, The vibrations induced by surface irregularities in road pavements _ SpringerLink.com.
- [5]. M. Shinozuka, digital simulation of random processes and its applications, 1972, Journal of sound and vibration, pages 111-128.
- [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 ♦