

Đánh giá độ êm dịu tại từng vị trí ghế ngồi của ô tô khách với kích động ngẫu nhiên

■ TS. ĐẶNG VIỆT HÀ

Cục Đăng kiểm Việt Nam

TÓM TẮT: Độ êm dịu là thông số quan trọng đánh giá chất lượng và tính tiện nghi của ô tô khách. Độ êm dịu phụ thuộc vào điều kiện vận hành của xe như vận tốc, loại đường và cần được đánh giá tại mỗi vị trí ghế ngồi. Bài báo nghiên cứu đánh giá độ êm dịu tại mỗi vị trí ghế ngồi của ô tô khách theo tiêu chí gia tốc bình phương trung bình (arms) và lượng dao động tới hạn (eVDV) dưới ảnh hưởng của vận tốc xe. Mô hình phẳng 14 bậc tự do với đường ngẫu nhiên loại C được sử dụng để khảo sát. Kết quả nghiên cứu cho thấy, ở vận tốc 20 km/h hàng ghế thứ 4 êm dịu nhất và khi vận tốc tăng, vị trí êm dịu nhất thuộc về các hàng ghế thứ 5, 6, 7.

TỪ KHÓA: Độ êm dịu, ô tô khách, vị trí ghế ngồi.

ABSTRACT: Ride comfort is an important specification to evaluating the quality and comfort of bus. Ride comfort depends on operating conditions of vehicle such as velocity and road surfaces, and it should be assessed at each seating position. This research paper evaluates the ride comfort on each seating position of bus according to the root mean square acceleration (arms) and estimated vibration dose value (eVDV) under the effect of vehicle velocity. A half model with 14 degrees of freedom with random road type C is used for the survey. Research results show that the 4th row seating positions are the most comfortable at 20 km/h and when the velocity increases, the most comfortable position belongs to the 5th, 6th, 7th row seats.

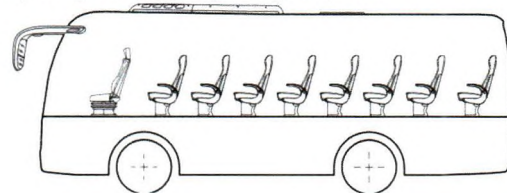
KEYWORDS: Ride comfort, bus, seating position.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô tô khách là phương tiện chuyên chở hành khách phổ biến ở cự ly ngắn và trung bình với số lượng hành khách thông thường từ 10 đến 47 người. Đây là loại phương tiện nằm trong kế hoạch phát triển theo "Chiến lược phát triển ngành công nghiệp ô tô Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035" [1]. Hiện nay, với sự hỗ trợ từ các chính sách của Chính phủ, ô tô khách được sản xuất lắp ráp tại Việt Nam chiếm 92% thị phần xe khách đưa ra thị trường.

Ô tô khách là loại phương tiện ngoài yêu cầu về an toàn còn phải đảm bảo tính tiện nghi, trong đó độ êm dịu là yếu tố quan trọng. Độ êm dịu bị ảnh hưởng bởi kết cấu và điều

kiện vận hành như vận tốc xe, loại đường [2,3]. Các ghế ngồi được lắp đặt và phân bố theo chiều dài và chiều rộng của khoang khách (Hình 1.1) nên độ êm dịu tại từng vị trí ghế ngồi sẽ khác nhau. Do đó, khi đánh giá độ êm dịu của ô tô khách phải gắn với vị trí ghế ngồi cụ thể.



Hình 1.1: Bố trí ghế ngồi trong khoang khách

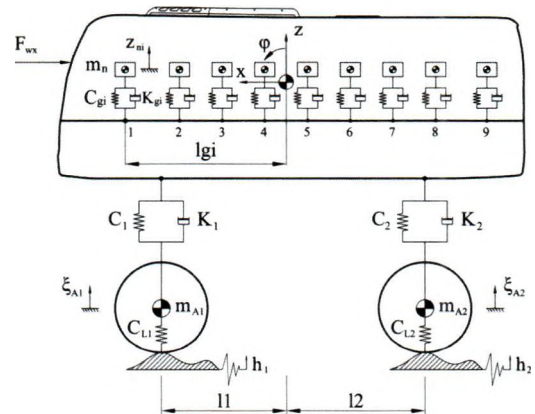
Trong quá trình chuyển động, dao động của ô tô hình thành dưới kích động của mặt đường ảnh hưởng đến người ngồi, gây ra các cảm giác thoải mái hay khó chịu. Mức độ ảnh hưởng của dao động đối với người ngồi có thể chia ra các nhóm: ảnh hưởng đến sức khỏe, sự thoải mái, độ cảm nhận, cảm giác chóng mặt, buồn nôn [4]. Với mỗi nhóm sẽ có phương pháp và tiêu chí đánh giá khác nhau. Độ êm dịu được đánh giá dựa trên gia tốc dao động và thời gian tác động. Một số tiêu chuẩn đánh giá độ êm dịu như ISO 2631-1:1997 [4], BS 6841:1987 [5].

Nghiên cứu này xây dựng mô hình phẳng của ô tô khách với 14 bậc tự do, hệ thống treo sử dụng nhíp, kích động mặt đường dạng ngẫu nhiên, thông số đầu vào là vận tốc xe thay đổi. Kết quả đánh giá theo gia tốc bình phương trung bình (a_{rms}) và lượng dao động tới hạn (eVDV).

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC

2.1. Mô hình phẳng

Mô hình được xây dựng dựa trên phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật và sử dụng phương trình Newton-Euler.



Hình 2.1: Cấu trúc của mô hình dao động ô tô khách

Cấu trúc của mô hình được mô tả như Hình 2.1. Hình 2.1 mô tả cấu trúc của mô hình phẳng, độ cứng của ghế C_{gij} , hệ số cản của ghế K_{gij} ; vị trí các hàng ghế được xác định thông qua kích thước l_{gi} ; ký hiệu $m_{n'}$, m , m_{Aj} là khối lượng của người ngồi, khối lượng được treo của xe và khối lượng không được treo; C_j , K_j là độ cứng và hệ số cản của hệ thống treo; C_{Lj} là độ cứng của lốp. ($i = 1 \div 9$ là thứ tự các hàng ghế, $j = 1$ trực trước; $j = 2$ trực sau). Giả sử các ghế ngồi có kết cấu giống nhau, khối lượng người ngồi tại mỗi ghế là như nhau.

Hệ phương trình động lực học của ô tô khách như sau [6]:

$$m_n \ddot{z}_n = F_{C_{gij}} + F_{K_{gij}}; \quad (i = 1 \div 9) \tag{1}$$

$$m \ddot{z} = F_{C1} + F_{K1} + F_{C2} + F_{K2} - \sum_{i=1}^9 (F_{C_{gij}} + F_{K_{gij}}) \tag{2}$$

$$J_y \ddot{\varphi} = \begin{pmatrix} -l_1(F_{C1} + F_{K1}) + l_2(F_{C2} + F_{K2}) - (h_w - h_c) F_{m_s} \\ -(h_c - r)(F_{C1} + F_{K1}) - (M_1 + M_2) + \sum_{i=1}^9 (l_{pi}(F_{C_{gij}} + F_{K_{gij}})) \end{pmatrix} \tag{3}$$

$$m_{A1} \ddot{\xi}_{A1} = F_{C_{L1}} - F_{C1} - F_{K1} \tag{4}$$

$$m_{A2} \ddot{\xi}_{A2} = F_{C_{L2}} - F_{C2} - F_{K2} \tag{5}$$

Trong đó: F_{Cj} , F_{Kj} , $F_{C_{Lj}}$ - Lực đàn hồi, lực cản giảm chấn của hệ thống treo và lực đàn hồi của lốp được xác định như sau:

$$F_{Cj} = C_j (\xi_{Aj} - z_{Aj}) \tag{6}$$

$$F_{Kj} = K_j (\dot{\xi}_{Aj} - \dot{z}_{Aj}) \tag{7}$$

$$F_{C_{Lj}} = C_{Lj} (h_j - \xi_{Aj}) \tag{8}$$

$F_{C_{gij}}$, $F_{K_{gij}}$ - Lực đàn hồi, lực cản giảm chấn của ghế được xác định như sau:

$$F_{C_{gij}} = C_{gij} (z_i - z_n) \tag{9}$$

$$F_{K_{gij}} = K_{gij} (\dot{z}_i - \dot{z}_n) \tag{10}$$

Chuyển vị của sàn xe tại mỗi vị trí ghế được xác định như sau:

$$z_i = z + l_{gi} \varphi \tag{11}$$

2.2. Hàm kích động

Kích động ngẫu nhiên được xây dựng theo ISO 8608:2016 [7], sử dụng phương pháp Sinusoidal [8,9], chiều cao $h(x)$, được xác định theo công thức:

$$h(x) = \sum_{i=1}^N \sqrt{2 \cdot G_d(n_i) \cdot \Delta n_i} \cdot \cos(2\pi \cdot n_i \cdot \Delta n_i \cdot x + \varphi_i) \tag{12}$$

2.3. Phương án khảo sát

Nghiên cứu này khảo sát với các mức vận tốc 20, 40, 60, 80 km/h, trên đường ngẫu nhiên loại C.

Vị trí của các hàng ghế được xác định thông qua giá trị l_{gi} như Bảng 2.1:

Bảng 2.1. Giá trị l_{gi} của các hàng ghế

Hàng ghế	Kích thước l_{gi}	Giá trị (m)
1	l_{g1}	3,480
2	l_{g2}	2,325
3	l_{g3}	1,570
4	l_{g4}	0,815
5	l_{g5}	0,060
6	l_{g6}	-0,695

7	l_{g7}	-1,450
8	l_{g8}	-2,205
9	l_{g9}	-3,045

3. TIÊU CHÍ ĐÁNH GIÁ

Nghiên cứu này lựa chọn tiêu chí đánh giá độ êm dịu theo gia tốc bình phương trung bình (a_{rms}) và lượng dao động tới hạn (eVDV). Gia tốc bình phương trung bình được tính theo công thức sau [4]:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \dot{z}_n^2(t) dt} \tag{13}$$

Trong đó: $\dot{z}_n(t)$ - Gia tốc trọng số tần số theo thời gian, (m/s²); T - Thời gian đo, (s). Các mức độ êm dịu theo ngưỡng được cho trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Mức độ êm dịu [4]

a_{rms} (m/s ²)	Mức độ êm dịu
< 0,315	Không khó chịu
0,315 ÷ 0,63	Hơi khó chịu
0,5 ÷ 1,0	Khả khó chịu
0,8 ÷ 1,6	Khó chịu
1,25 ÷ 2,5	Rất khó chịu
> 2	Cực kỳ khó chịu

Lượng dao động tới hạn được tính theo công thức sau [4]:

$$eVDV = 1,4 a_{rms} T^{1,4} \tag{14}$$

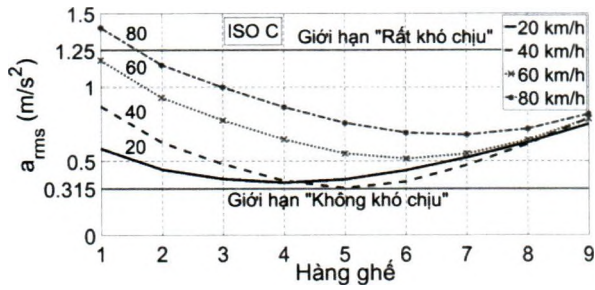
Lượng dao động tới hạn eVDV là giá trị đặc trưng cho mức ảnh hưởng của dao động đối với người ngồi, có tính đến thời gian tác động (tích lũy dao động) [10]. Trong nghiên cứu này, thời gian tác động dùng để khảo sát là T = 8 h. Theo ISO 2631-1, mức giới hạn của eVDV là 17.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khi thay đổi vận tốc với các mức 20, 40, 60, 80 km/h, giá trị của gia tốc a_{rms} tại từng vị trí ghế ngồi như Bảng 4.1 và đồ thị Hình 4.1.

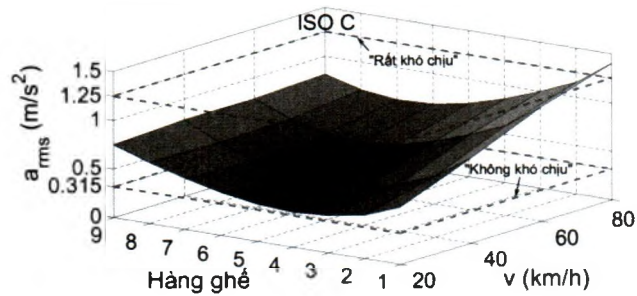
Bảng 4.1. Gia tốc a_{rms} của các hàng ghế

	20 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Hàng ghế 1	0,584	0,869	1,183	1,404
Hàng ghế 2	0,442	0,624	0,928	1,150
Hàng ghế 3	0,379	0,481	0,776	0,998
Hàng ghế 4	0,354	0,367	0,645	0,864
Hàng ghế 5	0,376	0,318	0,552	0,758
Hàng ghế 6	0,437	0,361	0,516	0,691
Hàng ghế 7	0,524	0,472	0,550	0,677
Hàng ghế 8	0,626	0,615	0,641	0,718
Hàng ghế 9	0,750	0,790	0,787	0,817



Hình 4.1: Gia tốc a_{rms} của các hàng ghế

Đồ thị Hình 4.2 biểu diễn gia tốc a_{rms} theo vận tốc và vị trí các hàng ghế, trong đó có biểu diễn 2 mặt phẳng giới hạn là 0,315 m/s² (mức độ "Không khó chịu") và 1,25 m/s² (mức độ "Rất khó chịu").



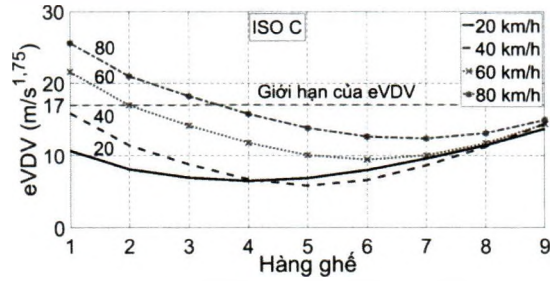
Hình 4.2: Gia tốc a_{rms} của các hàng ghế theo vận tốc và vị trí ghế ngồi

Dựa trên các kết quả tại Bảng 4.1, Hình 4.1, Hình 4.2 có thể thấy rằng, với vận tốc 20 km/h hàng ghế 4 có gia tốc nhỏ nhất và hàng ghế 9 có gia tốc lớn nhất. Khi tăng vận tốc lên các mức 40, 60, 80 km/h, gia tốc lớn nhất thuộc về hàng ghế 1 (ghế lái) và gia tốc nhỏ nhất thuộc về các hàng ghế 5, 6, 7. Trên Hình 4.1 có thể thấy với đường ngẫu nhiên loại C, tất cả các ghế đều có gia tốc lớn hơn 0,315 m/s², tức là không thể đạt được cảm giác hoàn toàn thoải mái (không khó chịu), hàng ghế 1 gây ra cảm giác "Rất khó chịu" tại vận tốc 80 km/h ($a_{rms8} = 1,404$ m/s²).

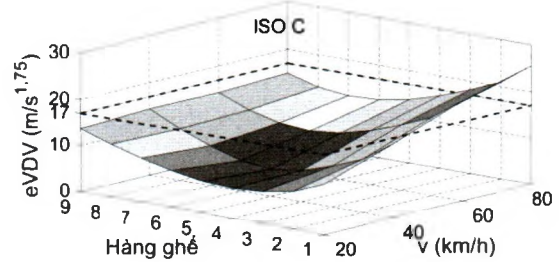
Giá trị của eVDV tại từng vị trí ghế ngồi như Bảng 4.2 và đồ thị Hình 4.3, đồ thị 3D biểu diễn eVDV theo vận tốc và vị trí ghế ngồi như Hình 4.4.

Bảng 4.2. Giá trị eVDV của các hàng ghế

	20 km/h	40 km/h	60 km/h	80 km/h
Hàng ghế 1	10,647	15,842	21,571	25,598
Hàng ghế 2	8,069	11,387	16,917	20,976
Hàng ghế 3	6,916	8,765	14,147	18,210
Hàng ghế 4	6,464	6,692	11,766	15,763
Hàng ghế 5	6,857	5,803	10,066	13,821
Hàng ghế 6	7,970	6,590	9,414	12,605
Hàng ghế 7	9,554	8,607	10,022	12,343
Hàng ghế 8	11,416	11,208	11,694	13,086
Hàng ghế 9	13,673	14,403	14,348	14,906



Hình 4.3: Giá trị eVDV của các hàng ghế



Hình 4.4: Giá trị eVDV của các hàng ghế theo vận tốc và vị trí ghế ngồi

Quy luật thay đổi của eVDV theo các mức vận tốc và vị trí ghế ngồi tương tự như gia tốc a_{rms} . Giá trị eVDV nhỏ nhất theo các mức vận tốc 20, 40, 60, 80 km/h đạt được ở các vị trí ghế ngồi tương ứng với các hàng ghế 4, 5, 6, 7. Với mức giới hạn của eVDV là 17, hàng ghế 1 tại vận tốc 60 km/h, hàng ghế 1, 2, 3 tại vận tốc 80 km/h có giá trị eVDV vượt ngưỡng. Theo ISO 2631-1, để giảm các mức độ khó chịu, cần giảm gia tốc hoặc giảm thời gian tác động. Đối với đường ngẫu nhiên loại C, với gia tốc a_{rms} như Bảng 4.1, thời gian tác động giảm xuống mức $T = 1,55$ h, các giá trị eVDV tại tất cả các mức vận tốc từ 20 km/h đến 80 km/h đều nằm trong giới hạn.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một mô hình phẳng một dãy được xây dựng để khảo sát độ êm dịu tại từng vị trí ghế ngồi. Tiêu chí đánh giá theo gia tốc bình phương trung bình (a_{rms}) và lượng dao động tới hạn (eVDV). Một số kết quả chính rút ra như sau:

- Việc đánh giá độ êm dịu của ô tô khách tại từng vị trí ghế ngồi theo điều kiện vận hành là cần thiết nhằm đảm bảo mức độ tiện nghi của hành khách đi xe. Khi cần đánh giá độ êm dịu dưới ảnh hưởng của dao động tích lũy theo thời gian tác động, lượng dao động tới hạn eVDV được sử dụng làm tiêu chí đánh giá bên cạnh tiêu chí gia tốc bình phương trung bình.

- Kết quả khảo sát cho thấy, với vận tốc cao 40, 60, 80 km/h hàng ghế 1 (ghế lái) luôn có gia tốc lớn nhất. Tại vận tốc 80 km/h, trên đường ngẫu nhiên loại C, a_{rms} của hàng ghế 1 đã vượt ngưỡng giới hạn "Rất khó chịu". Vị trí êm dịu nhất thuộc về các hàng ghế 4, 5, 6, 7 tương ứng với mức vận tốc 20, 40, 60, 80 km/h.

- Khi đánh giá bằng tiêu chí eVDV với thời gian tác động $T = 8$ h, hàng ghế 1 tại vận tốc 60 km/h và các hàng ghế 1, 2, 3 tại vận tốc 80 km/h có giá trị eVDV vượt ngưỡng.

Cần giảm thời gian tác động nhằm đảm bảo độ êm dịu cho hành khách đi xe.

- Kết quả nghiên cứu làm cơ sở bổ sung quy định cho các tiêu chuẩn, quy chuẩn về an toàn kỹ thuật của ô tô.

Tài liệu tham khảo

[1]. Quyết định số 1168/QĐ-TTg ngày 16/7/2014 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược phát triển ngành công nghiệp ô tô Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035.

[2]. Le Xuan Long, Le Van Quynh, Bui Van Cuong (2018), *Study on the influence of bus suspension parameters on ride comfort*, Journal of Vibroengineering (JVE), DOI <https://doi.org/10.21595/vp.2018.20271>.

[3]. ThS. Đặng Việt Hà, PGS. TS. Cao Trọng Hiển (2010), *Nghiên cứu ảnh hưởng độ cứng và vị trí ghế ngồi tới sức chịu dao động của con người trên ô tô khách sản xuất và lắp ráp tại Việt Nam*, Tạp chí GTVT tải, số tháng 01.

[4]. ISO 2631-1:1997 (1997), *Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration*, Part I: General requirements.

[5]. BS 6841:1987 (1987), *Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock*.

[6]. Võ Văn Hường (2014), Động lực học ô tô, NXB. Giáo dục Việt Nam, tr.74-78.

[7]. ISO 8608:2016 (2016), *Mechanical vibration - Road surface profiles - Reporting of measured data*.

[8]. Goenaga.B, Fuentes.L, Mora.O (2017), *Evaluation of the methodologies used to generate random pavement profiles based of the power spectral density: an approach based on the international roughness index*, Ingenieria Investigation vol.37, No.1.

[9]. O. P. Joshi, T. A. Jadhav, P. R. Pawar and M. R. Saraf (2015), *Investigation effect of road roughness and vehicle speed on the dynamic response of the seven degree-of-freedom*, International Journal of Current Engineering and Technology, vol.5, no.4.

[10]. Đặng Việt Hà (2010), *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số đến độ êm dịu chuyển động của ô tô khách được đóng mới ở Việt Nam*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT.

Ngày nhận bài: 26/5/2021

Ngày chấp nhận đăng: 08/6/2021

Người phản biện: PGS. TS. Cao Trọng Hiển

PGS. TS. Đàm Hoàng Phúc