

So sánh độ êm dịu của ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén và ô tô khách sử dụng nhíp

■ TS. ĐẶNG VIỆT HÀ

Cục Đăng kiểm Việt Nam

TÓM TẮT: Hệ thống treo khí nén được sử dụng ngày càng phổ biến trên ô tô khách vì có ưu điểm trong việc nâng cao độ êm dịu chuyển động. Để có cơ sở đánh giá ưu điểm này, bài báo đã xây dựng mô hình động lực học ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén và nhíp là hai mô hình con. Gia tốc bình phương trung bình tại các vị trí ghế ngồi được sử dụng làm tiêu chí đánh giá. Kết quả nghiên cứu cho thấy ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén êm dịu hơn so với ô tô khách sử dụng nhíp, thể hiện thông qua việc gia tốc tại các vị trí ghế ngồi giảm từ 0,5 - 29,9% trên dải vận tốc khảo sát từ 20 - 80 km/h với đường ngẫu nhiên loại C.

TỪ KHÓA: Độ êm dịu, hệ thống treo khí nén, hệ thống treo nhíp, ô tô khách.

ABSTRACT: The air suspension is commonly used in buses because of its advantages in improving ride comfort. To have a basis to evaluate this advantage, this paper has built a dynamic model of the bus using the air suspension and the leaf spring as two sub-models. The root means square acceleration at the seating positions was used as the evaluation criteria. Research results show that buses using air suspension are more comfortable than buses using leaf spring, as shown by the reduction in acceleration at the seating positions from 0.5% to 29.9% on the speed range surveyed from 20 km/h to 80 km/h with random road type C.

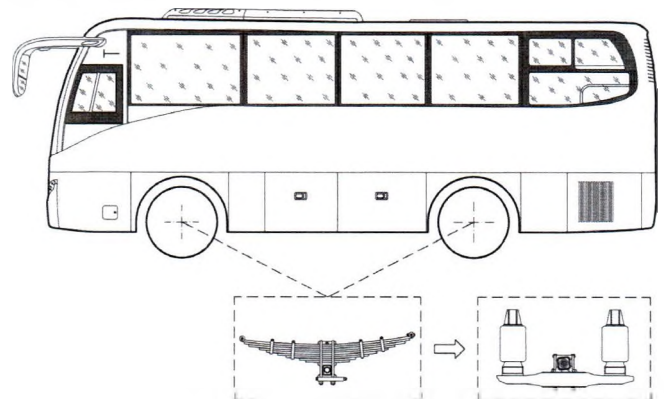
KEYWORDS: Ride comfort, air suspension, leaf spring, bus.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Độ êm dịu là tiêu chí đánh giá chất lượng ô tô khách, quy định tại một số tiêu chuẩn như: ISO 2631-1:1997 [1], BS 6841:1987 [2], VDI 2057-1 [3], TCVN 6964-1:2001 [4]. Tiêu chí này liên quan đến tính tiện nghi của ô tô khách và cảm

giác của người ngồi trên xe, đặc biệt khi thời gian đi xe dài. Việc nghiên cứu nâng cao độ êm dịu là cần thiết, đặc biệt đối với loại phương tiện có yêu cầu cao về tính tiện nghi như ô tô khách.

Hệ thống treo khí nén được biết đến có ưu điểm trong việc giảm tải trọng động và nâng cao độ êm dịu dựa trên độ cứng thay đổi nhờ điều chỉnh áp suất cấp vào ballon khí nén [5,6]. Trong khi hệ thống treo tích cực, bán tích cực cho ô tô khách chưa mang lại hiệu quả so với giá thành thì giải pháp ưu việt nhằm nâng cao độ êm dịu hiện nay là chuyển đổi từ hệ thống treo truyền thống sử dụng nhíp sang hệ thống treo khí nén (*Hình 1.1*). Thực tế tại Việt Nam và trên thế giới, các dòng xe khách cỡ trung bình và cỡ lớn đã dần chuyển đổi sang sử dụng hệ thống treo khí nén.



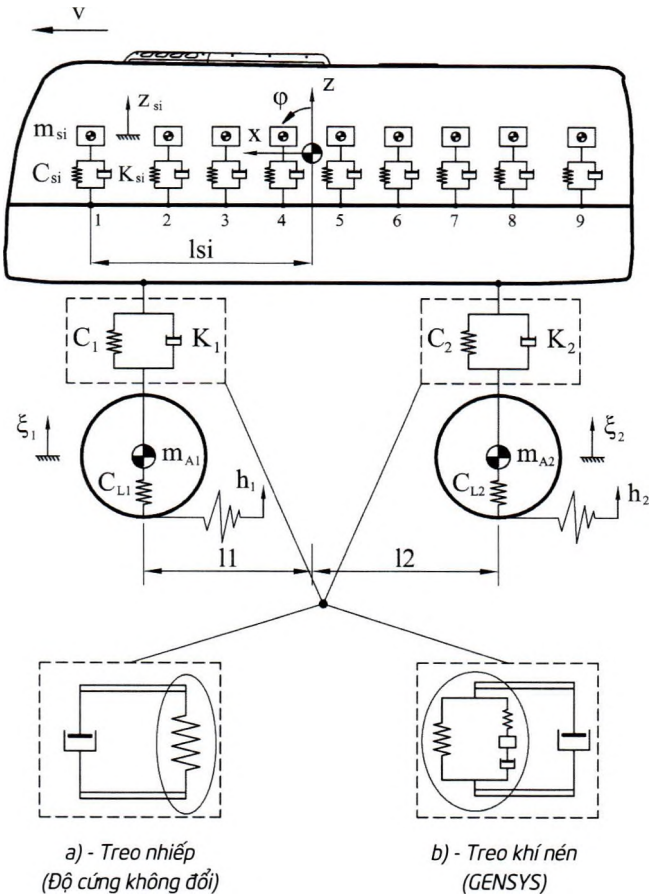
Hình 1.1: Hệ thống treo khí nén trên ô tô khách

Mục tiêu của nghiên cứu này là so sánh độ êm dịu của ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén và ô tô khách sử dụng nhíp để khẳng định tính ưu việt của hệ thống treo khí nén. Để có cơ sở so sánh, nghiên cứu này xây dựng mô hình động lực học ô tô khách với 14 bậc tự do sử dụng hệ thống treo khí nén và nhíp là hai mô hình con. Bài báo này sử dụng kích động ngẫu nhiên trên đường loại C, kết hợp với vận tốc xe thay đổi làm thông số đầu vào cho mô hình khảo sát. Gia tốc bình phương trung bình tại các vị trí ghế ngồi được sử dụng làm tiêu chí đánh giá.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH XE KHÁCH

2.1. Mô hình động lực học ô tô khách

Mô hình động lực học ô tô khách được xây dựng với cấu trúc như *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Mô hình động lực học ô tô khách với hai loại hệ thống treo

Mô hình được xây dựng dựa trên phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật và sử dụng phương trình Newton-Euler. Hệ thống treo khí nén và hệ thống treo nhíp được xây dựng thành 2 mô hình con để xác định lực liên kết. Trong đó, hệ thống treo khí nén sử dụng mô hình GENSYS [6].

Trong Hình 2.1: z, z_{si}, ξ_j - Chuyển vị phương thẳng đứng của khối lượng được treo, của người ngồi trên các hàng ghế ($i = 1 \div 9$) và của khối lượng không được treo trực 1, trực 2; m_{si} - Khối lượng người ngồi trên mỗi hàng ghế; m_{Aj} - Khối lượng không được treo trực 1, trực 2; C_{si}, K_{si} - Độ cứng và hệ số cản của ghế; C_{Lj}, K_{Lj} - Độ cứng của hệ thống treo, hệ số cản giảm chấn và độ cứng của lớp; h_j - Kích động mặt đường, (với $j = 1$ là trục trước, $j = 2$ là trục sau).

Hệ phương trình động lực học của ô tô khách như sau [7]:

$$m_i \ddot{z}_i = F_{Ci} + F_{Ksi}; \quad (i=1 \div 9) \quad (1)$$

$$m \ddot{z} = F_{C1} + F_{K1} + F_{C2} + F_{K2} - \sum_{i=1}^9 (F_{Ci} + F_{Ksi}) \quad (2)$$

$$J_s \ddot{\phi} = \begin{pmatrix} -J_s(F_{C1} + F_{K1}) + l_1(F_{C2} + F_{K2}) - (h_w - h_c)F_w \\ -(h_c - r)(F_{C1} + F_{K1}) - (M_1 + M_2) + \sum_{i=1}^9 (l_{si}(F_{Ci} + F_{Ksi})) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$m_{Aj} \ddot{\xi}_j = F_{C_{Lj}} - F_{C_j} - F_{K_j} \quad (4)$$

Trong đó:

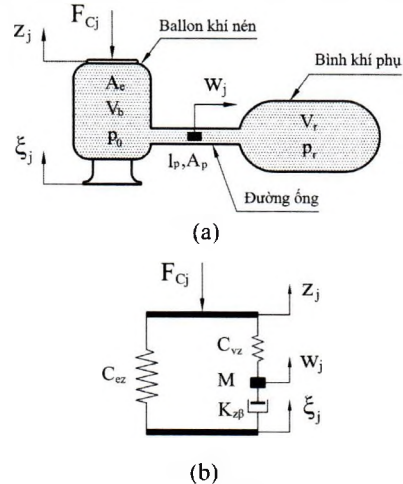
- $F_{K1}, F_{C_{Lj}}$ - Lực cản giảm chấn của hệ thống treo và lực đàn hồi của lớp;
- $F_{C_{si}}, F_{K_{si}}$ - Lực đàn hồi, lực cản giảm chấn của ghế;
- F_{C_j} - Lực liên kết của hệ thống treo. Đối với hệ thống treo sử dụng nhíp như Hình 2.1a, F_{C_j} xác định theo công

thức (5); đối với hệ thống treo khí nén như Hình 2.1b, F_{C_j} xác định theo mục 2.2.

$$F_{C_j} = C_j(\xi_j - z_j) \quad (5)$$

2.2. Mô hình hệ thống treo khí nén

Mô hình hệ thống treo khí nén được xây dựng sử dụng mô hình GENSYS như Hình 2.2 để xác định lực liên kết F_{C_j} .



Hình 2.2: Mô hình hệ thống treo khí nén

Mô hình hệ thống treo khí nén gồm 3 thành phần: thành phần đàn hồi (C_{ez}, C_{vz}), thành phần cản (K_{zb}) và thành phần quán tính (M). Các thông số z_j, ξ_j, w_j là chuyển vị mặt trên, mặt dưới của ballon khí nén và chuyển vị của dòng khí trong đường ống.

Các phương trình xác định lực liên kết của hệ thống treo [7]:

$$F_{C_j} = (p_0 - p_a)A_e + C_{ez}(z_j - \xi_j) + C_{vz}(z_j - w_j) \quad (6)$$

$$M\ddot{w}_j = C_{vz}(z_j - w_j) - K_{zb}|w_j|^\beta \text{sign}(w_j) \quad (7)$$

$$C_{ez} = \frac{p_0 A_e^2 n}{V_{b0} + V_{r0}}; \quad C_{vz} = C_{ez} \frac{V_{r0}}{V_{b0}} \quad (8)$$

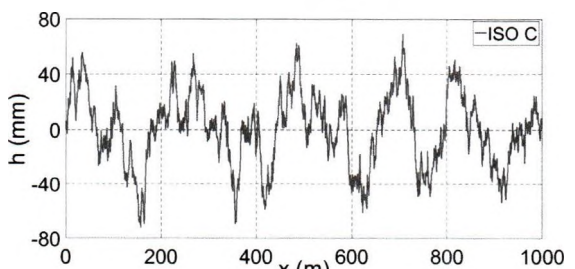
$$M = l_p A_p \rho \left(\frac{A_e}{A_p} \frac{V_{r0}}{V_{b0} + V_{r0}} \right)^2 \quad (9)$$

$$K_{zb} = K_s \left(\frac{A_e}{A_p} \frac{V_{r0}}{V_{b0} + V_{r0}} \right)^{1+\beta} \quad (10)$$

2.3. Hàm kích động

Kích động ngẫu nhiên được xây dựng theo ISO 8608:2016 [8,9], được xác định theo công thức (11) và mô tả như Hình 2.3.

$$h(x) = \sum_{i=1}^N \sqrt{2G_d(n_i)} \Delta n_i \cos(2\pi i \Delta n_i x + \varphi_i) \quad (11)$$



Hình 2.3: Đường ngẫu nhiên loại C

2.4. Các phương án khảo sát

Nghiên cứu này khảo sát với đường ngẫu nhiên loại C; xe chuyển động đều với vận tốc thay đổi theo các mức 20, 40, 60, 80 km/h (ký hiệu tương ứng là v20, v40, v60, v80).

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_w). Gia tốc bình phương trung bình được tính theo công thức sau [1,10]:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \tag{12}$$

Trong đó: $a_w(t)$ - Gia tốc trọng số tần số theo thời gian, (m/s^2); T - Thời gian đo, (s).

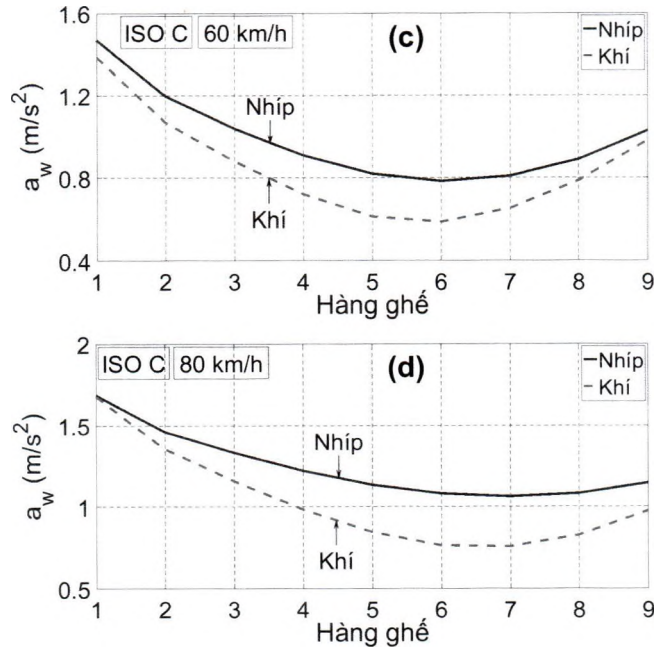
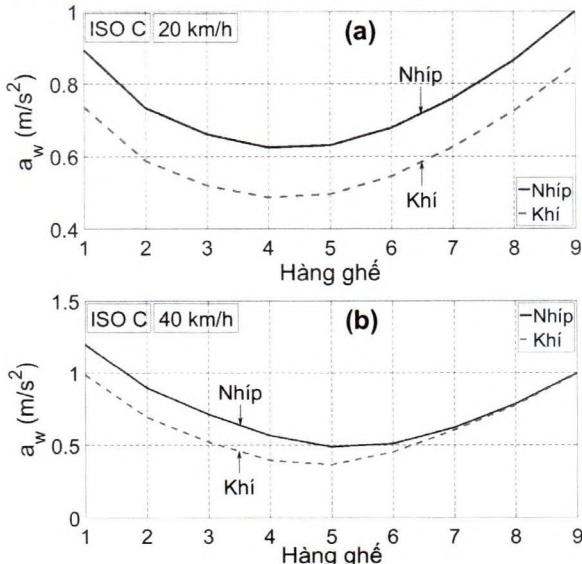
Khi bánh xe dao động, lực quán tính tác động lên xe và người ngồi, gây ra các cảm giác thoải mái, khó chịu khác nhau. Để đánh giá ảnh hưởng của dao động đối với người, gia tốc dao động (gia tốc bình phương trung bình) được sử dụng làm tiêu chí đánh giá, là một trong các tiêu chí đánh giá độ êm dịu. Gia tốc dao động có quan hệ chặt chẽ với tần số kích động và thời gian tác động của dao động theo tiêu chí "Lượng dao động VDV" và "Lượng dao động tới hạn eVDV". Các mức độ êm dịu theo giới hạn của gia tốc bình phương trung bình trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Mức độ êm dịu [1]

a_w (m/s^2)	Mức độ êm dịu
< 0,315	Không khó chịu
0,315 ÷ 0,63	Hơi khó chịu
0,5 ÷ 1,0	Khá khó chịu
0,8 ÷ 1,6	Khó chịu
1,25 ÷ 2,5	Rất khó chịu
> 2	Cực kỳ khó chịu

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đồ thị Hình 4.1 biểu diễn gia tốc a_w tại từng hàng ghế của ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén và ô tô khách sử dụng nhíp với các mức vận tốc khảo sát 20, 40, 60, 80 km/h.



Hình 4.1: Gia tốc tại các hàng ghế

Theo kết quả Hình 4.1 có thể thấy rằng, gia tốc a_w của ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén luôn nhỏ hơn của ô tô khách sử dụng nhíp tại tất cả các hàng ghế trên toàn miền vận tốc khảo sát từ 20 - 80 km/h. Cả hai loại hệ thống treo đều có cùng quy luật của a_w , giá trị gia tốc nhỏ nhất tại hàng ghế thứ 4, 5, 6, 7 tương ứng với các mức vận tốc 20, 40, 60, 80 km/h.

Mức độ giảm của gia tốc a_w khi sử dụng hệ thống treo khí nén so với nhíp theo công thức (13) và biểu diễn theo Bảng 4.1.

$$\Delta a_w (\%) = \frac{a_w^{nhíp} - a_w^{khí}}{a_w^{nhíp}} \times 100 \tag{13}$$

Bảng 4.1. Mức độ giảm của gia tốc a_w

Δa_w (%)	v20	v40	v60	v80
Ghế 1	17,6	18,1	5,6	0,5
Ghế 2	19,8	22,7	10,7	7,4
Ghế 3	21,3	26,9	15,3	13,1
Ghế 4	22,0	29,9	20,8	19,4
Ghế 5	21,3	24,9	25,2	25,5
Ghế 6	19,6	11,5	25,1	29,2
Ghế 7	17,7	2,8	19,3	28,6
Ghế 8	16,1	1,1	11,6	23,5
Ghế 9	14,8	0,5	4,5	14,9

Theo Bảng 4.1, ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén có mức giảm Δa_w từ 0,5% đến 29,9% so với ô tô khách sử dụng nhíp. Mức giảm nhiều nhất tại vận tốc 40 km/h trên hàng ghế thứ 4, mức giảm ít nhất tại vận tốc 80 km/h trên hàng ghế thứ nhất (ghế lái). Điều đó cho thấy một ưu điểm của hệ thống treo khí nén trong việc nâng cao độ êm dịu chuyển động. Ưu điểm này có được do hệ thống treo khí nén có đặc tính độ cứng thay đổi, trong khi hệ thống treo sử dụng nhíp có độ cứng không đổi.

5. KẾT LUẬN

Ô tô khách sử dụng hệ thống treo khí nén êm dịu hơn ô tô khách sử dụng nhíp trên toàn dải vận tốc khảo sát từ 20 - 80 km/h với kích động ngẫu nhiên loại C, thể hiện thông qua việc giảm gia tốc bình phương trung bình tại từng vị trí ghế ngồi. Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng, mức độ giảm của gia tốc từ 0,5 - 29,9%.

Mức giảm nhiều nhất tại vận tốc 40 km/h trên hàng ghế thứ tư, mức giảm ít nhất tại vận tốc 80 km/h trên hàng ghế thứ nhất.

Kết quả nghiên cứu này có thể sử dụng trong tính toán thiết kế xe; khuyến nghị các nhà sản xuất xe chuyển đổi sang sử dụng hệ thống treo khí nén cho các loại ô tô khách nhằm nâng cao tính tiện nghi.

Tài liệu tham khảo

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

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

[3]. VDI 2507-1 (1987), *Human exposure to mechanical vibrations - Whole-body vibration*.

[4]. TCVN 6964-1:2001 (2001), *Rung động và chấn động cơ học - Đánh giá sự chịu đựng của con người với rung động toàn thân - Phần 1: Yêu cầu chung*.

[5]. Yang Chen, Mehdi Ahmadian and Andrew Peterson (2015), *Pneumatically Balanced Heavy Truck Air Suspensions for Improved Roll Stability*, Virginia Tech, USA.

[6]. Mats Berg (1999), *A Three-dimensional airspring model with friction and orifice damping*, KTH, Stockholm, Sweden.

[7]. Đặng Việt Hà (2021), *Đánh giá độ êm dịu tại từng vị trí ghế ngồi của ô tô khách với kích động ngẫu nhiên*, Tạp chí GTVT, số tháng 7.

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

[9]. 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.

[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: 20/7/2021

Ngày chấp nhận đăng: 04/8/2021

Người phản biện: PGS. TS. Cao Trọng Hiến

TS. Trịnh Minh Hoàng