# PHÂN TÍCH HIỆU QUẢ HỆ THỐNG TREO CABIN XE ĐẦU KÉO ĐẾN ĐỘ ÊM DỊU VỚI PHẦN TỬ ĐÀN HỒI KHÍ VÀ LÒ XO

Bùi Văn Cường*, Cảnh Chí Huân, Lê Văn Quỳnh, Hoàng Anh Tấn

***Tóm tắt:*** *Để đánh giá hiệu quả của hai hệ thống treo cabin xe đầu kéo, một mô hình động lực học đầu kéo gồm ghế ngồi điều khiển, cabin, khung đầu kéo và các cầu xe được thiết lập dưới kích thích dao động mấp mô mặt đường ngẫu nhiên. Hai đặc tính của hệ thống treo khí và hệ thống treo lò xo của cabin lần lượt khảo sát và so sánh hiệu quả của chúng đến độ êm dịu dựa vào tiêu chuẩn ISO 2631-1. Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng để mô phỏng động lực học và đánh giá hiệu quả của hai hệ thống treo đến độ êm dịu. Các kết quả nghiên cứu thấy rằng hệ thống treo khí cabin đã nâng cao đáng kể độ êm dịu của cabin so với hệ thống treo lò xo. Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu là cơ sở lý thuyết để tối ưu thiết kế cho hệ thống treo cabin theo hướng nâng cao độ êm dịu.*

**Từ khóa:** Xe kéo moóc; Đầu kéo; Hệ thống khí nén; Hệ thống treo lò xo; Mô hình động lực học; Độ êm dịu.

## 1. GIỚI THIỆU

Ngành vận tải hàng hóa đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy nên kinh tế của mỗi quốc gia phát triển. Chính vì vậy, chất lượng kỹ thuật của các phương tiện giao thông là một mắt xích then chốt trong việc nâng cao tính cạnh tranh giữa nhà sản xuất xe. Ngày nay, thị trường xe đầu kéo không chỉ cạnh tranh về hiệu suất vận chuyển hàng hóa, mà còn cạnh tranh về tính an toàn chuyển động của xe đầu kéo. Hệ thống treo của xe và hệ thống treo cabin luôn được quan tâm, nghiên cứu hoàn thiện bởi các nhà thiết kế và nhà khoa học trên thế giới. Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số thiết kế hệ thống treo đến độ êm dịu chuyển động và sự thân thiện với mặt đường đã được phân tích và đánh giá dựa vào mô hình 12 bậc tự do của xe đầu kéo [1]. Ảnh hưởng của các điều kiện khai thác khác nhau đến độ êm dịu chuyển động của xe đầu kéo được đánh giá bởi mô hình động lực học toàn xe [2] và mô hình động lực học ½ xe [4]. Nghiên cứu ảnh hưởng của dao động đến hàng hóa được đề xuất và đánh giá dựa vào mô hình ½ xe [3]. Đánh giá hiệu quả hệ thống treo khí nén đến độ êm dịu và khả năng thân thiện với mặt đường được đề xuất bởi tài liệu nghiên cứu [5, 6]. Phân tích thực nghiệm được tiến hành đo và đánh giá hiệu quả hệ thống treo cabin đến độ êm dịu của xe đầu kéo khi xe hoạt động trên các điều kiện mặt đường và tải khác nhau [7, 8]. Phân tích hiệu quả êm dịu của hệ thống treo thủy khí của cabin máy kéo nông nghiệp được đề xuất để so sánh hệ thống treo cabin bán chủ động khi máy hoạt động dưới các điều kiện khai thác khác nhau [9]. Thông qua các công trình nghiên cứu, việc đánh giá hiệu quả êm dịu của hệ thống treo khí cabin so với hệ thống treo lò xo truyền thống cabin xe đầu kéo với kích thích ngẫu nhiên chưa được nghiên cứu nhiều. Do vậy, nội dung chính của nghiên cứu này tập trung chủ yếu vào việc xây dựng mô hình động lực học ½ đầu kéo của xe kéo moóc dưới kích thích dao động ngẫu nhiên mặt đường và phân tích, đánh giá hiệu quả êm dịu của hệ thống treo khí cabin so với hệ thống treo lò xo truyền thống cabin xe đầu kéo.

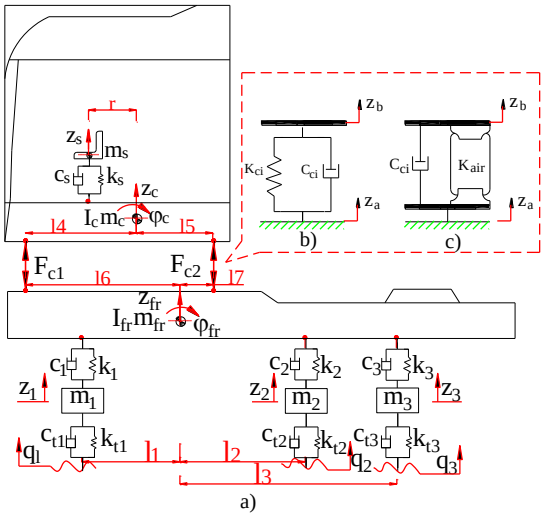
## 2. MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Mô hình động lực học theo phương đứng của đầu kéo

Để đánh giá hiệu quả êm dịu của hệ thống treo khí nén cabin so với hệ thống treo lò xo truyền thống của cabin xe đầu kéo, một mô hình động lực học ½ đầu kéo xe kéo moóc với 8 bậc tự do được thiết lập như hình 1.

Giải thích ký hiệu hình 1: $z_i$ lần lượt là chuyển vị theo phương thẳng đứng của các cầu xe; $z_s$, $z_c$ và $z_{fr}$ lần lượt là chuyển vị của ghế ngồi, cabin và thân đầu kéo, cabin; $\varphi_c$, $\varphi_{fr}$ lần lượt là góc lắc dọc của cabin và thân đầu kéo. $m_i$ lần lượt là các khối lượng các cầu xe; $m_s$, $m_c$ và $m_{fr}$ là khối lượng của ghế ngồi, cabin, khung đầu kéo; $k_s$, $k_{cn}$, $k_i$, $k_{ti}$ và $c_s$, $c_{cn}$, $c_i$, $c_{ti}$ lần lượt là độ cứng và hệ

số cản của hệ thống treo đầu kéo, cabin và lốp xe; $l_j$ và r lần lượt là các khoảng cách; $q_i$ lần lượt là các mấp mô mặt đường (i=1÷3, n=1÷2; j=1÷7).




***Hình 1.*** *Mô hình động lực học ½ đầu kéo của xe kéo moóc với hai mô hình hệ thống treo phần tử đàn hồi khí và lò xo của cabin.*

### 2.2. Thiết lập hệ phương trình vi phân mô tả động lực cơ hệ

Dựa vào mô hình dao động hình 1 các phương trình vi phân được thiết lập mô tả động lực học của cơ hệ. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng nguyên lý D'Alambe kết hợp cơ sở lý thuyết hệ nhiều vật để thiết lập hệ phương trình vi phân mô tả động lực học của đầu kéo. $F_s$, $F_{cn}$, $F_i$ và $F_{ti}$ lần lượt là các lực theo phương thẳng đứng của hệ thống treo ghế ngồi, cabin và thân đầu kéo và các lốp xe, và nó được xác định theo các công thức (1). Hệ phương trình vi phân mô tả động lực học của cơ hệ hình 1a được xác định theo hệ phương trình vi phân bậc 2 (2).

$$\begin{cases} F_s = [k_s(z_s - z_{cs}) + c_s(\dot{z}_s - \dot{z}_{cs})] \\ F_{ci} = k_i\left(z_{c1} - z_{frci}\right) + c_{c1}\left(\dot{z}_{c1} - \dot{z}_{frci}\right) \\ F_i = k_1(z_{frbi} - z_i) + c_1(\dot{z}_{frbi} - \dot{z}_i) \\ F_{ti} = k_{ti}(z_i - q_1) + c_{ti}(\dot{z}_i - \dot{q}_i) \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó, $z_{cs}$, $z_{ci}$, $z_{frci}$ và $z_{frbi}$ lần lượt là các chuyển vị các đầu nút và nó có quan hệ chuyển vị tại trọng tâm của cabin và thân đầu kéo.

$$\begin{cases} m_s\ddot{z}_s = -F_s \\ m_c\ddot{z}_c = F_s - \sum_{n=1}^{2} Fn \\ I_c\ddot{\varphi}_c = F_{c1}.l_4 - F_{c2}.l_5 + F_s.r \\ m_{fr}\ddot{z}_{fr} = \sum_{n=1}^{2} F_{cn} - \sum_{i=1}^{3} F_i \\ I_{fr}\ddot{\varphi}_{fr} = F_{c1}.l_6 - F_{c2}.l_7 - F_1.l_1 + F_2.l_2 + F_3.l_3 \\ m_1\ddot{z}_1 = F_1 - F_{t1} \\ m_2\ddot{z}_2 = F_2 - F_{t2} \\ m_3\ddot{z}_3 = F_3 - F_{t3} \end{cases} \quad (2)$$

### 2.3. Xác phản lực theo phương thẳng đứng của các hệ thống treo cabin

*Hệ thống treo lò xo cabin:* Một mô hình động lực học hệ thống treo lò xo cabin gồm phần tử đàn hồi là lò xo và phần tử giảm chấn là giảm chấn thủy lực được thể hiện hình 1b. Lực theo phương thẳng đứng của hệ thống treo khí nén cabin được xác định theo công thức:

$$F_{ci} = k_{air}\left(z_{c1} - z_{frci}\right) + c_{c1}\left(\dot{z}_{c1} - \dot{z}_{frci}\right) \tag{3}$$

*Hệ thống treo khí nén:* Mô hình động lực học hệ thống treo khí nén cabin cho xe đầu kéo được sử dụng gồm phần tử đàn hồi là balon khí nén và phần tử giảm chấn được thể hiện hình 1c. Lực theo phương thẳng đứng của hệ thống treo khí nén cabin được xác định theo công thức:

$$F_{ci} = k_{air}\left(z_{c1} - z_{frci}\right) + c_{c1}\left(\dot{z}_{c1} - \dot{z}_{frci}\right) \tag{4}$$

Trong đó, $k_{air}$ là độ cứng của bộ phận đàn hồi balon khí nén [10], có thể được xác bằng phương pháp thực nghiệm hoặc xác định bằng nhiệt động lực học. Trong bài báo này, độ cứng $k_{air}$ được xác định theo phương trình nhiệt động lực học và nó phụ thuộc vào thể tích, tiết diện và thông số hình học của phần tử đàn hồi khí. Trên hình 1c , độ cứng của phần tử đàn hồi khí được định nghĩa lực đạo hàm của lực đàn hồi biến dạng theo phương đứng $z=z_b-z_a$ và được xác định theo công thức (5).

$$k_{\text{air}} = \frac{d\left(p_e A_e\right)}{dz} = p_e \frac{dA_e}{dz} - nA_e\left(p_0 + p_a\right)\frac{1}{V_e}\frac{dV_e}{dz} \tag{5}$$

Hiệu quả của thể tích và diện tích được định nghĩa theo công thức:

$$\begin{cases} V_e = V_0 - \alpha_1 z \\ A_e = A_0 + \alpha_2 z \end{cases} \tag{6}$$

Dựa vào định luật nhiệt động lực học, nếu quá trình nén hoặc quá trình trả của phần tử khí là đủ lớn, quá trình này được xem là quả trình đoạn nhiệt. Do đó, trạng thái khí của phần tử đàn hồi khí có thể được định nghĩa sau:

$$\left(p_e + p_a\right)V_e^n = \left(p_0 + p_a\right)V_0^n \tag{7}$$

Trong đó: $V_e$, $A_e$ và z lần lượt là hiệu quả thể tích, diện tích và biến dạng theo phương thẳng đứng của phần tử đàn hồi khí; $V_0$ và $A_0$ lần lượt là hiệu quả ban đầu thể tích và diện tích; $\alpha_1$ và $\alpha_2$ lần lượt hệ số thay đổi hiệu quả thể tích và diện tích theo biến dạng z; $p_0$ *và* $p_e$ lần lượt là áp suất trạng thái đầu và cuối $p_a$ là áp suất khí quyển tiêu chuẩn, n là hệ số đoạn nhiệt. Thay công thức (6) và (7) vào (5), ta có công thức tính độ cứng $k_{air}$. Thay công thức (5), (6) vào (4), chúng ta xác định được gia trị độ cứng của phần tử đàn hồi khí nén.

### 2.4. Nguồn kích thích dao động mấp mô mặt đường ngẫu nhiên

Hiện nay, mấp mô mặt đường được miêu tả bằng nhiều phương pháp như hàm toán học đơn giản (hàm sin, hàm xung vuông, tam giác,...), ngẫu nhiên. Trong nghiên cứu này, tiêu chuẩn 8068(1995) [11], mấp mô của mặt đường có mật độ phổ $S_q(n_0)$ và được định nghĩa bằng công thức thực nghiệm:

$$S_q\left(n\right) = S_q\left(n_0\right)\left(\frac{n}{n_0}\right)^{-\omega} \tag{8}$$

Trong đó: n là tần số sóng của mặt đường (chu kỳ/m); $n_0$ là tần số mẫu (chu kỳ/m); $S_q(n)$ là mật độ phổ chiều cao của mấp mô mặt đường ($m^3$/chu kỳ); $S_q(n_0)$ là mật độ phổ tại $n_0$ ($m^3$/chu kỳ) (phân loại từ mấp mô mặt đường rất tốt ISO loại A đến mấp mô mặt đường rất xấu ISO loại H); ω là hệ số tần số được miêu tả tần số mật độ phổ của mặt đường (thường ω=2). Hàm mấp mô

mặt đường ngẫu nhiên được giả định là quá trình ngẫu nhiên Gauss và nó được tạo ra thông qua biến ngẫu nhiên Fourier ngược:

$$q(t)=\sum_{i=1}^{N}\sqrt{\frac{2vn_0^2S_q(n_0)}{f_{mid,i}^2}\Delta f}.\cos\left(2\pi f_{mid,i}t+\varphi_i\right) \quad (9)$$

Trong đó, $f_{mid,i}=f_1+\frac{2i-1}{2}\Delta f$ với $i=1,2,3...n$ và $\varphi_i$ là pha ngẫu nhiên phân bố $0\div 2\pi$.

## 3. CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ ĐỘ ÊM DỊU

Hiện nay, để đánh giá dao động có nhiều phương pháp như đánh giá như phương pháp trên miền thời gian, phương pháp trên miền tần số,… Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng phương pháp phân tích giá trị gia tốc theo miền thời gian. Để đánh giá ảnh hưởng của dao động đến cơ thể người, hiệp hội tiêu chuẩn quốc tế đã đưa ra tiêu chuẩn ISO 2631-1(1997) về đánh giá ảnh hưởng dao động đến con người [12]. Theo tiêu chuẩn này tần số dao động kích thích từ nguồn phát kính thích đến các vị trí khảo sát nằm trong khoảng từ 0.5 đến 80 Hz. Để đánh giá độ êm dịu ghế ngồi người lái, các tác giả chọn chỉ tiêu đánh giá theo tiêu chuẩn ISO 2631-1(1997) và thông qua gia tốc bình phương trung bình được xác định theo:

$$a_{wz}=\left[\frac{1}{T}\int_0^T a_z^2(t)dt\right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Trong đó: $a_{wz}$ là gia tốc bình phương trung bình; $a_z(t)$ là gia tốc theo thời gian (m/s$^2$); T là thời gian khảo sát (s).

Điều kiện chủ quan đánh giá độ êm dịu ô tô theo gia tốc bình phương trung bình dựa vào bảng 1.

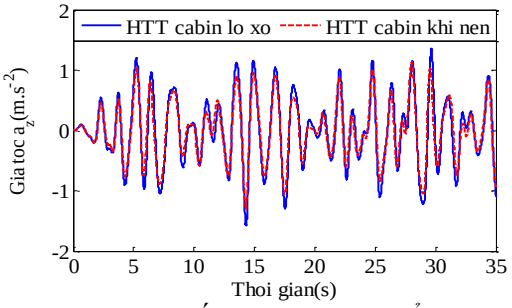
***Bảng 1.*** *Bảng đánh giá chủ quan độ êm dịu ô tô theo ISO 2631-1[12].*

| $a_{wz}$ (m/s$^2$) | Cấp êm dịu | $a_{wz}$ (m/s$^2$) | Cấp êm dịu | $a_{wz}$ (m/s$^2$) | Cấp êm dịu |
|---|---|---|---|---|---|
| < 0.315 | Thoải mái | 0.5 ÷ 1.0 | Khó chịu | 1.25 ÷ 2.5 | Rất khó chịu |
| 0.315÷0.63 | Một chút khó chịu | 0.8 ÷ 1.6 | Không thoải mái | > 2 | Cực kỳ khó chịu |

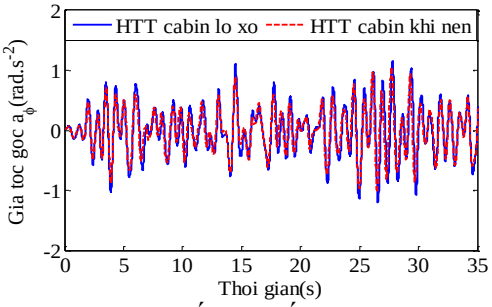
## 4. MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH

### 4.1. Mô phỏng

Để mô phỏng và phân tích hiệu quả êm dịu của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo, phần mềm Matlab/simulink được được áp dụng để giải hệ phương trình (1) với bộ thông số tham khảo trong tài liệu khi xe chuyển động trên mặt đường ISO loại B với vận tốc v = 72 km/h. Gia tốc theo phương thẳng đứng ghế ngồi người điều khiển và Gia tốc góc lắc dọc của cabin theo miền thời gian được thể hiện trên hình 2 và hình 3.




***Hình 2.*** *Gia tốc theo phương thẳng đứng của ghế ngồi người điều khiển.*




***Hình 3.*** *Gia tốc góc lắc dọc của cabin.*

Từ các kết quả hình 2 và hình 3, chúng ta xác định được các giá trị gia tốc bình phương trung bình theo phương đứng của ghế ngồi người điều khiển ($a_{wz}$) và góc lắc dọc của cabin ($a_{w\phi}$) theo công thức (10) của tiêu chuẩn ISO 2631-1. Kết quả các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ khi đầu kéo chuyển động trên mặt đường ISO cấp B với vận tốc v = 72 km/h được thể hiện trong bảng 2.

***Bảng 2.*** *Kết quả các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$.*

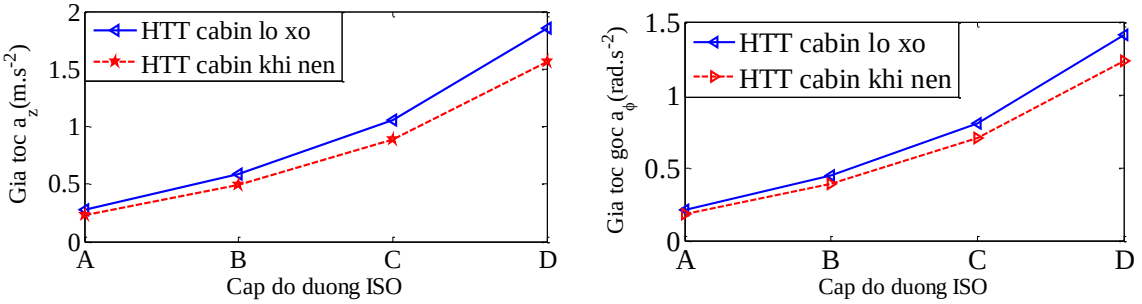
| | **$a_z$(m/s$^2$)** | **$a_\varphi$(rad/s$^2$)** |
|---|---|---|
| **Hệ thống treo cabin lò xo** | 0.5880 | 0.4933 |
| **Hệ thống treo cabin khí nén** | 0.4750 | 0.3896 |
| **% Nâng cao độ êm dịu** | 19.2% | 14.4% |

Từ các kết quả trong bảng 2, chúng ta thấy rằng các giá trị gia tốc bình phương trung bình ghế ngồi người điều khiển và góc lắc dọc của cabin với hệ thống treo cabin khí nén đều lần lượt giảm giảm xuống, điều đó chứng tỏ độ êm dịu cabin với hệ thống treo cabin khí nén nâng cao 19.2% theo phương thẳng đứng ghế ngồi người điều khiển và 14.4% lắc dọc của cabin so với hệ thống treo cabin lò xo. Hiệu quả êm dịu của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo sẽ tiếp tục được phân tích dưới đây.

### 4.2. Phân tích hiệu quả êm dịu của hệ thống treo cabin khí nén

Để phân tích hiệu quả êm dịu của hệ thống treo khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo dưới các điều kiện khai thác khác nhau, các điều kiện mặt đường quốc lộ và vận tốc chuyển động ô tô được chọn cho việc phân tích và đánh giá.

*Điều kiện mặt đường:* bốn điều kiện mặt đường ISO loại A, ISO loại B, ISO loại C, và ISO loại D được chọn để đánh giá ảnh hiệu quả êm dịu của hai loại hệ thống treo cabin khi xe chuyển động với vận tốc v = 72 km/h. Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo khi xe hoạt động dưới bốn điều kiện mặt đường khác nhau được thể hiện trên hình 4. Từ các kết quả hình 4 thấy rằng, các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với hệ thống treo khí đều giảm so hệ thống treo cabin lò xo khi xe chuyển động trên các mặt đường khác nhau. Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với hệ thống treo cabin khí lần lượt giảm 18.68% và 14.51% khi xe chuyển động trên đường C với vận tốc v = 72 km/h. Hệ thống treo cabin khí nén đã cải thiện đáng kể độ êm dịu của cabin đầu kéo xe kéo mooc dưới các điều kiện mặt đường khác nhau.

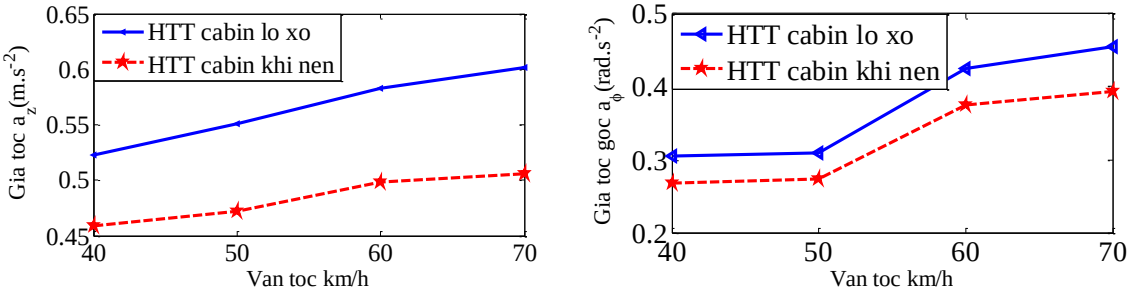



*a) Giá trị $a_z$* *b) Giá trị $a_\phi$*

***Hình 4.*** *Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo khi xe hoạt động dưới bốn điều kiện mặt đường khác nhau.*

*Điều kiện vận tốc chuyển động của xe:* Bốn giá trị vận tốc v= [40, 50, 60, 70] km/h được chọn để phân tích đánh giá hiệu quả êm dịu của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo khi xe chuyển động với mặt đường ISO loại B. Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo khi xe hoạt động dưới bốn điều kiện vận tốc khác nhau khác nhau được thể hiện trên hình 5. Từ các kết quả hình 5 thấy rằng, các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với hệ thống treo khí đều lần lượt giảm so hệ thống treo cabin lò xo khi xe chuyển động trên các

vận tốc khác nhau. Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với hệ thống treo cabin khí lần lượt giảm 16.95% và 13.32% khi xe chuyển động trên đường B với vận tốc v=60 km/h. Giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với điều kiện vận tốc v = 60 km/h đều lần lượt giảm 3.4% và 6.5% so với điều kiện vận tốc v = 70 km/h. Hệ thống treo cabin khí nén đã cải thiện đáng kể độ êm dịu của cabin đầu kéo xe kéo moóc dưới các điều kiện vận tốc khác nhau.




*a) Giá trị $a_{wz}$* *b) Giá trị $a_{w\phi}$*

***Hình 5.*** *Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo khi xe hoạt động dưới bốn điều kiện vận tốc khác nhau.*

## 5. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, một mô hình động lực theo phương đứng của đầu kéo xe kéo moóc được thiết lập để phân tích và đánh giá hiệu quả êm dịu của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo dưới điều kiện kích thích dao động mấp mô mặt đường ngẫu nhiên. Cuối cùng, hiệu quả êm dịu của hệ thống treo cabin khí nén so với hệ thống treo cabin lò xo được kiểm chứng dưới điều kiện khai thác khác nhau. Một số kết luận được rút ra dưới đây:

(i) Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với hệ thống treo cabin khí nén đều lần lượt giảm giảm xuống khi đầu kéo chuyển động trên mặt đường ISO cấp B với vận tốc v = 72 km/h, điều đó chứng tỏ độ êm dịu cabin với hệ thống treo cabin khí nén nâng cao 19.2% theo phương thẳng đứng ghế ngồi người điều khiển và 14.4% lắc dọc của cabin so với hệ thống treo cabin lò xo.

(ii) Các giá trị $a_{wz}$ và $a_{w\phi}$ với hệ thống treo khí đều lần lượt giảm so hệ thống treo cabin lò xo dưới các điều kiện khai thác khác nhau. Hệ thống treo cabin khí nén đã cải thiện đáng kể độ êm dịu của cabin đầu kéo xe kéo moóc dưới các điều kiện khai thác khác nhau.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Le Van Quynh, Bui Van Cuong, Le Xuan Long, and Do Van Quan, "*Effects of Suspension Design Parameters of a Semi-trailer Truck on Vehicle Ride Comfort and Road Surface Friendliness"*. International Conference on Engineering Research and Applications ICERA 2019: Advances in Engineering Research and Application, pp 281 -289.

[2]. Mohamed AA Abdelkareem, Mina MS Kaldas, Mohamed Kamal Ahmed Ali, and Lin Xu, *"Analysis of the energy har vesting potential–based suspension for truck semi-trailer*". Proc IMechE Part D: J Automobile Engineering, 2018, pp.1–15.

[3]. Renáta Pidl, "*Analytical approach to determine vertical dynamics of a semi-trailer truck from the point of view of goods protection"*. AIP Conference Proceedings, Vol.1922(2018), 120003.

[4]. M. A. DOKAINISH and M. M. ELMADANY, "*Random Response of Tractor-Semitrailer System"*. Vehicle System Dynamics, Vol.9 (1980), pp. 87-112

[5]. M. AA Abdelkareem, M. M Makrahy, Ali M Abd-El-Tawwab, ASA EL-Razaz, M. K. A. Ali1, and MM Moheyeldein, "*An analytical study of the performance indices of articulated truck semi-trailer during three different cases to improve the driver comfort"*, Multi-body Dynamics, IMechE 2017.

[6]. Le Van Quynh, "*Influence of semi-trailer truck operating conditions on road surface friendliness"*. Vibroengineering PROCEDIA, Vol.16 (2017), pp. 67-72.

[7]. Velmurugan, P., Kumaraswamidhas, L. A., & Sankaranarayanasamy, K. (2012). *"Influence of Road Surfaces on Whole Body Vibration for Suspended Cabin Tractor Semitrailer Drivers"*. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 31(2) (2012), 75–84.
[8]. Paras Jain. "*Design and Analysis of Tractor -Trailer Cabin Suspension"*, SAE TECHNICAL, 2007.
[9]. Sim, K., Lee, H., Yoon, J. W., Choi, C., & Hwang, S.-H., *"Effectiveness evaluation of hydro-pneumatic and semi-active cab suspension for the improvement of ride comfort of agricultural tractors".* Journal of Terramechanics, Vol. 69 (2017), pp.23–32.
[10]. Le Van Quynh, *"Comparing the performance of suspension system of semi-trailer truck with two air suspension systems".* Vibroengineering PROCEDIA, Vol. 14, (2017), pp. 220-226.
[11]. ISO 8068: Mechanical Vibration-Road Surface Profiles – Reporting of Measured Data. 1995
[12]. ISO 2631-1: Mechanical Vibration and Shock-Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration – Part 1: General Requirements. 1997.

## ABSTRACT

PERFORMANCE ANALYSIS OF CAB'S SUSPENSION SYSTEMS OF A TRACTOR ON VEHICLE RIDE COMFOT WITH AIR SPRING AND SPRING ELEMETS

*In order to evaluate the performance of two cabin suspension systems of tractor. A half-vehicle dynamic model including driver's seat, cabin, tractor frame and axles is established under random road excitations. Two characteristics of the air spring and spring suspension of cab are respectively surveyed and compared their effect to ride comfort based on ISO 2631-1. Matlab/Simulink software is used to simulate the vehicle dynamics and evaluate the ride performance of cab two suspension systems. The study results show that the air spring suspension system significantly improved ride comfort of cab comparing with spring suspension system of cab. In addition, the study results are the theoretical basis to optimize the design parameters of cab suspension system in the direction of improving ride comfort.*

**Keywords:** Semi-trailer truck; Tractor; Air spring suspension; Spring suspension; Cab; Dymamic model; Ride comfort.

*Nhận bài ngày 11 tháng 4 năm 2021*
*Hoàn thiện ngày 15 tháng 8 năm 2021*
*Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 9 năm 2021*

*Địa chỉ:* Khoa Kỹ thuật Ô tô và Máy động lực, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.
*Email: buivancuong1301@gmail.com.