

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC ĐẾN ĐỘ ÊM DỊU CỦA HÀNH KHÁCH

Lê Xuân Long<sup>1\*</sup>, Nguyễn Đức Thuận<sup>1,2</sup>

**Tóm tắt:** Độ êm dịu của hành khách là một trong các chỉ tiêu quan trọng trong chất lượng xe khách. Để phân tích ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến độ êm dịu của hành khách, mô hình động lực không gian với 9 bậc tự do (DOF) của xe khách được thiết lập để mô phỏng và đánh giá ảnh hưởng. Gia tốc bình phương trung bình của ghế hành khách ở giữa xe và cuối xe được chọn làm mục tiêu để đánh giá dựa theo tiêu chuẩn ISO 2631-1(1997). Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng tính toán và mô phỏng. Ảnh hưởng của các điều kiện khai thác như điều kiện mặt đường, vận tốc chuyển động, và tải trọng của xe đến độ êm dịu của ghế hành khách ở giữa và cuối xe lần lượt được phân tích và đánh giá trong bài báo này. Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng các điều kiện khai thác có ảnh hưởng lớn đến độ êm dịu hành khách. Đặc biệt là điều kiện mặt đường trường hợp 1 là rất êm dịu khi xe chuyển động trên mặt đường ISO cấp A với vận tốc 80km/h và trường hợp 2 là rất khó chịu khi xe chuyển động trên mặt đường ISO cấp C với vận tốc 80km/h.

**Từ khóa:** Xe khách; Hệ thống treo; Điều kiện hoạt động; Độ êm dịu chuyển động.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

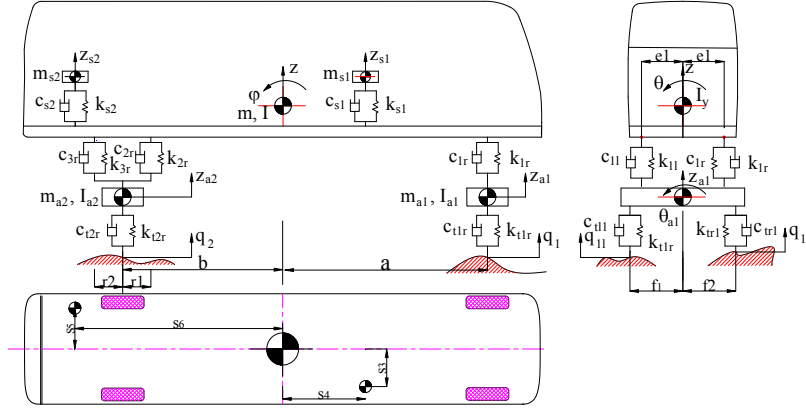
Các điều kiện khai thác của xe là một trong các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ êm dịu chuyển động, an toàn chuyển động cũng như độ bền của các chi tiết của xe. Một số nghiên cứu của một số tác giả liên quan như: phương pháp thiết kế tối ưu hệ thống treo được sử dụng để cải thiện độ êm dịu, giảm tác động xấu xuống mặt đường cũng như bố trí không gian hệ thống treo [1], Nghiên cứu phương pháp điều khiển hệ thống treo nhằm nâng cao độ êm dịu xe khách được trình bày trong nghiên cứu [2, 3], Phân tích ảnh hưởng của dao động đến hành khách trên xe bus được trình bày trong nghiên cứu [4], Nghiên cứu đặc tính các hệ thống treo cabin đến độ êm dịu của xe được trình bày trong nghiên cứu [5]. Nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến độ êm dịu của hành khách là một trong các kết quả quan trọng làm cơ sở để tìm các giải pháp cải tạo hệ thống treo cho ô tô khách nhằm nâng cao độ êm dịu của hành khách cũng như giảm các tác động xuống mặt đường giao thông. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến độ êm dịu của hành khách, một mô hình động lực học không gian với 9 bậc tự do của ô tô khách được thiết lập để mô phỏng và phân tích. Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng để mô phỏng dao động của xe dưới điều kiện mấp mô mặt đường ngẫu nhiên theo tiêu chuẩn ISO 8086 [6]. Các điều kiện khai thác của xe lần lượt được xem xét và phân tích, trên cơ sở chỉ số gia tốc bình phương trung bình của ghế hành khách ở vị trí giữa và cuối xe theo tiêu chuẩn ISO 2631-1(1997) [7].

### 2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA XE KHÁCH

Xe khách IK-301 với các hệ thống treo khí được chọn làm đối tượng nghiên cứu, mô hình động lực học không gian với 9 bậc tự do được phát triển trên từ mô hình xe khách của Dragan Sekulic và công sự [3] để phân tích ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến độ êm của hành khách như hình 1.

Trong đó,  $K_{ij}$  là độ cứng của hệ thống treo;  $C_{ij}$  là hệ số giảm chấn hệ thống treo;  $K_{l_{ij}}$  là độ cứng của lốp;  $C_{l_{ij}}$  là hệ số giảm chấn của lốp;  $m$  là khối lượng được treo của xe khách;  $m_{a1}$  and  $m_{a2}$  là khối lượng không được treo của cầu trước và cầu sau;  $a$ ,  $b$  là khoảng cách từ trọng tâm của xe đến cầu trước và sau,  $s_n$  là khoảng cách từ trọng tâm của xe đến hai vị trí ghế khảo sát;  $r_k$ ,  $f_k$ ,  $e_k$  là các khoảng cách;  $\varphi$ ,  $\theta$  và  $\theta_{ak}$  là chuyển vị góc của trọng tâm xe

và của khối lượng không được treo;  $I, I_{ak}$  là mô men quán tính của khối lượng được treo và không được treo của xe;  $q_{kj}$  là mấp mô mặt đường;  $v$  là vận tốc chuyển động của xe ( $i=1,2,3; k=1,2; n=1\div 6; j=\text{trái, phải}$ ).



**Hình 1.** Mô hình động lực học không gian của xe khách IK-301.

Phương trình vi phân dao động của xe được xây dựng trên cơ sở lý thuyết hệ nhiều vật và nguyên lý D’alembert. Các phương trình vi phân dao động của xe với mô hình như hình 1 được biểu diễn như sau:

$$m_{s1}\ddot{z}_{s1} = -k_{s1}(z_{s1} - z_{o1}) - c_{s1}(\dot{z}_{s1} - \dot{z}_{o1}) \quad (1)$$

$$m_{s2}\ddot{z}_{s2} = -k_{s2}(z_{s2} - z_{o2}) - c_{s2}(\dot{z}_{s2} - \dot{z}_{o2}) \quad (2)$$

$$m\ddot{z} = k_{s1}(z_{s1} - z_{o1}) + c_{s1}(\dot{z}_{s1} - \dot{z}_{o1}) + k_{s2}(z_{s2} - z_{o2}) + c_{s2}(\dot{z}_{s2} - \dot{z}_{o2}) - k_{1r}(z_{1r} - z_{a1r}) - c_{1r}(\dot{z}_{1r} - \dot{z}_{a1r}) - k_{1l}(z_{1l} - z_{a1l}) - c_{1l}(\dot{z}_{1l} - \dot{z}_{a1l}) - k_z(z_{4r} - z_{a2r}) - c_z(\dot{z}_{4r} - \dot{z}_{a2r}) - k_z(z_{4l} - z_{a2l}) - c_z(\dot{z}_{4l} - \dot{z}_{a2l}) \quad (3)$$

$$I_x\ddot{\phi} = (k_{s1}(z_{s1} - z_{o1}) + c_{s1}(\dot{z}_{s1} - \dot{z}_{o1}))s_4 - (k_{s2}(z_{s2} - z_{o2}) + c_{s2}(\dot{z}_{s2} - \dot{z}_{o2}))s_6 - (k_{1r}(z_{1r} - z_{a1r}) + c_{1r}(\dot{z}_{1r} - \dot{z}_{a1r}) + k_{1l}(z_{1l} - z_{a1l}) + c_{1l}(\dot{z}_{1l} - \dot{z}_{a1l}))a + (k_z(z_{4r} - z_{a2r}) + c_z(\dot{z}_{4r} - \dot{z}_{a2r}) + k_z(z_{4l} - z_{a2l}) + c_z(\dot{z}_{4l} - \dot{z}_{a2l}))b \quad (4)$$

$$I_y\ddot{\theta} = -(k_{s1}(z_{s1} - z_{o1}) + c_{s1}(\dot{z}_{s1} - \dot{z}_{o1}))s_3 + (k_{s2}(z_{s2} - z_{o2}) + c_{s2}(\dot{z}_{s2} - \dot{z}_{o2}))s_5 + (-k_{1r}(z_{1r} - z_{a1r}) - c_{1r}(\dot{z}_{1r} - \dot{z}_{a1r}) + k_{1l}(z_{1l} - z_{a1l}) + c_{1l}(\dot{z}_{1l} - \dot{z}_{a1l}))e_1 + (-k_z(z_{4r} - z_{a2r}) - c_z(\dot{z}_{4r} - \dot{z}_{a2r}) + k_z(z_{4l} - z_{a2l}) + c_z(\dot{z}_{4l} - \dot{z}_{a2l}))e_2 \quad (5)$$

$$m_{a1}\ddot{z}_{a1} = k_{1r}(z_{1r} - z_{a1r}) + c_{1r}(\dot{z}_{1r} - \dot{z}_{a1r}) + k_{1l}(z_{1l} - z_{a1l}) + c_{1l}(\dot{z}_{1l} - \dot{z}_{a1l}) - k_{tl1}(z_{a1ld} - q_{1l}) - c_{tl1}(\dot{z}_{a1ld} - \dot{q}_{1l}) - k_{tr1}(z_{a1rd} - q_{1r}) - c_{tr1}(\dot{z}_{a1rd} - \dot{q}_{1r}) \quad (6)$$

$$I_{a1}\ddot{\theta}_{a1} = (k_{1r}(z_{1r} - z_{a1r}) + c_{1r}(\dot{z}_{1r} - \dot{z}_{a1r}) - k_{1l}(z_{1l} - z_{a1l}) - c_{1l}(\dot{z}_{1l} - \dot{z}_{a1l}))e_1 + (k_{tl1}(z_{a1ld} - q_{1l}) + c_{tl1}(\dot{z}_{a1ld} - \dot{q}_{1l}) - k_{tr1}(z_{a1rd} - q_{1r}) - c_{tr1}(\dot{z}_{a1rd} - \dot{q}_{1r}))f_1 \quad (7)$$

$$m_{a2}\ddot{z}_{a2} = k_z(z_{4r} - z_{a2r}) + c_z(\dot{z}_{4r} - \dot{z}_{a2r}) + k_z(z_{4l} - z_{a2l}) + c_z(\dot{z}_{4l} - \dot{z}_{a2l}) - k_{tl2}(z_{a2ld} - q_{2l}) - c_{tl2}(\dot{z}_{a2ld} - \dot{q}_{2l}) - k_{tr2}(z_{a2rd} - q_{2r}) - c_{tr2}(\dot{z}_{a2rd} - \dot{q}_{2r}) \quad (8)$$

$$I_{a2}\ddot{\theta}_{a2} = (k_z(z_{4r} - z_{a2r}) + c_z(\dot{z}_{4r} - \dot{z}_{a2r}) - k_z(z_{4l} - z_{a2l}) - c_z(\dot{z}_{4l} - \dot{z}_{a2l}))e_2 + (k_{tl2}(z_{a2ld} - q_{2l}) + c_{tl2}(\dot{z}_{a2ld} - \dot{q}_{2l}) - k_{tr2}(z_{a2rd} - q_{2r}) - c_{tr2}(\dot{z}_{a2rd} - \dot{q}_{2r}))f_2 \quad (9)$$

Trong đó:

$$k_z = \frac{k_{2r}(b-r)^2}{b^2} + \frac{k_{3r}(b+r)^2}{b^2} \quad (10)$$

$$c_z = \frac{c_{2r}(b-r)^2}{b^2} + \frac{c_{3r}(b+r)^2}{b^2} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} z_{01} &= z + s_4\varphi - s_3\theta; \quad z_{02} = z - s_6\varphi + s_5\theta; \quad z_{1r} = z + a\varphi + e_1\theta; \quad z_{1l} = z + a\varphi - e_1\theta; \\ z_{4l} &= z - b\varphi - e_2\theta; \quad z_{4r} = z - b\varphi + e_2\theta; \quad z_{a1r} = z_{a1} + e_1\theta_{a1}; \quad z_{a1l} = z_{a1} - e_1\theta_{a1}; \\ z_{a2r} &= z_{a2} + e_2\theta_{a2}; \quad z_{a2l} = z_{a2} - e_2\theta_{a2}; \quad z_{a1rd} = z_{a1} + f_1\theta_{a1}; \quad z_{a1ld} = z_{a1} - f_1\theta_{a1}; \\ z_{a2rd} &= z_{a2} + f_2\theta_{a2}; \quad z_{a2ld} = z_{a2} - f_2\theta_{a2} \end{aligned} \quad (12)$$

### 3. MÁP MÔ MẶT ĐƯỜNG

Máp mô mặt đường đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích đánh giá độ êm dịu của hành khách. Kích thích ngẫu nhiên mặt đường có thể biểu diễn bằng quá trình ngẫu nhiên. Máp mô mặt đường ngẫu nhiên dựa vào tiêu chuẩn quốc tế ISO 8608[6] và mật độ phổ được xác định theo công thức dưới đây:

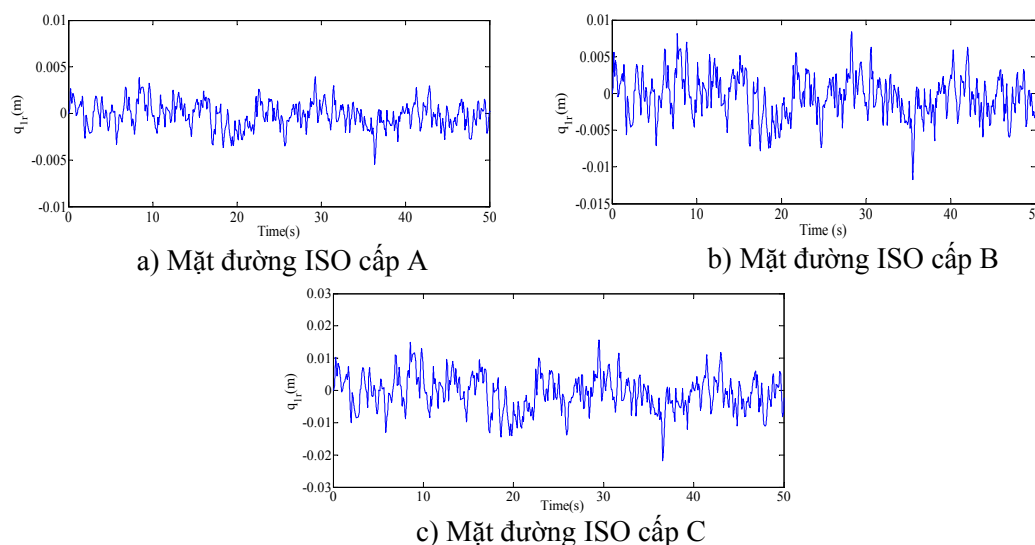
$$S_q(n) = S_q(n_0) \left( \frac{n}{n_0} \right)^{-\omega} \quad (13)$$

Trong đó:  $n$  là tần số sóng của mặt đường,  $n_0$  là tần số mẫu, được lấy bằng  $0.1m^{-1}$ ,  $S_q(n_0)$  là mật độ phổ tại giá trị  $n_0$ ,  $\omega$  là tần số phổ mặt đường ( $\omega=2$ ). Hàm ngẫu nhiên máp mô mặt đường được giả định là quá trình ngẫu nhiên Gauss được tạo ra thông qua phép biến đổi nghịch đảo Fourier:

$$q(t) = \sum_{i=1}^N \sqrt{2S_q(n_i)\Delta n} \cos(2\pi n_i t + \phi_i) \quad (14)$$

Với  $\phi_i$  là pha ngẫu nhiên phân bố từ  $0 \div 2\pi$

Trong nghiên cứu này, ngẫu nhiên mặt đường được chọn theo tiêu chuẩn ISO 8086[6], kết quả mô phỏng ngẫu nhiên mặt đường ISO cấp A, ISO cấp B, ISO cấp C được thể hiện ở hình 2



Hình 2. Máp mô mặt đường theo tiêu chuẩn ISO 8068.

#### 4. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ ÊM DỊU CỦA PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG

Hiện nay có nhiều phương pháp để đánh giá độ êm dịu như sử dụng miền tần số, miền thời gian,... Bài báo này sử dụng tiêu chuẩn ISO 2631-1 (1997)[7], đánh giá dao động trên cơ sở phương pháp xác định gia tốc bình phương trung bình (RMS), được xác định bởi biểu thức sau:

$$a_{wz} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (15)$$

Trong đó:  $a_w(t)$  gia tốc là hàm theo thời gian,  $m/s^2$ ;  $T$  là thời gian đo,  $s$

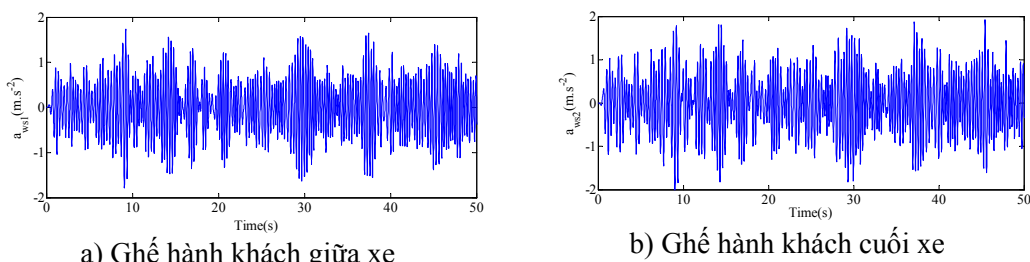
Bằng phương pháp này, gia tốc bình phương trung bình theo phương đứng,  $a_{wz}$  được tính theo biểu thức (15). Các giá trị  $a_{wz}$  có thể so sánh với bảng 1 để chỉ ra cảm giác có thể xảy ra đối với hành khách.

**Bảng 1.** Mức độ êm dịu liên quan đến ngưỡng  $a_{wz}$ .

$a_{wz}/(m.s^{-2})$	Mức độ êm dịu
< 0.315	Không cảm thấy 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

#### 5. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Để giải các phương trình vi phân miêu tả từ phương trình (1)÷(9) để đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khai thác đến độ êm dịu của hành khách, phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng để mô phỏng và tính toán với bộ số liệu của xe khách IK-301[3] với nguồn kích thích là ngẫu nhiên mặt đường. Gia tốc theo phương thẳng đứng của ghế hành khách ở giữa và cuối xe theo miền theo thời gian khi xe chuyển động trên mặt đường ISO cấp B với vận tốc  $v=80km/h$  và xe chở đầy số lượng hành khách quy định của nhà thiết kế được thể hiện trên hình 3



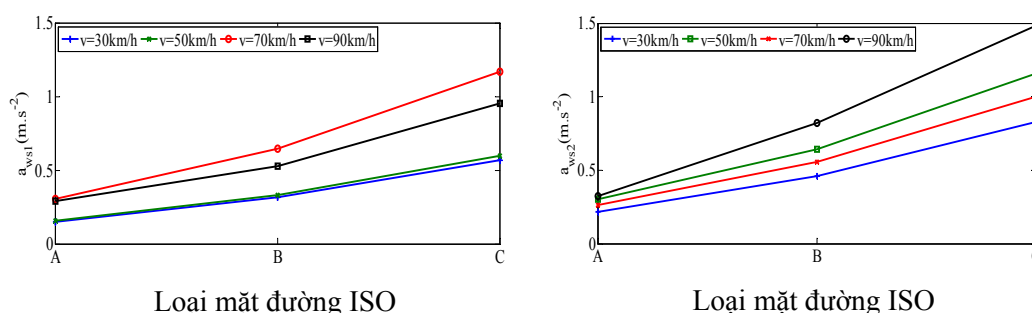
**Hình 3.** Gia tốc theo phương thẳng đứng của ghế hành khách khi xe chuyển động trên đường ISO cấp B,  $v=80km/h$ , xe chở đủ khách.

Từ hình 3 chúng ta có thể tính giá trị gia tốc bình phương trung bình của ghế hành khách ở giữa xe và cuối xe lần lượt là  $a_{ws1}=0.6175 m.s^{-2}$  và  $a_{ws2}=0.6865 m.s^{-2}$  và giá trị này nằm trong vùng khá khó chịu cho hành khách theo bảng 1. Như chúng ta đã biết có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ êm dịu của hành khách như các thông số hệ thống treo, điều kiện

khai thác... Trong nghiên cứu này ảnh hưởng của điều kiện khai thác lần lượt sẽ tiếp tục phân tích và thảo luận ở các mục sau.

### 5.1. Ảnh hưởng của điều kiện mặt đường

Để phân tích ảnh hưởng của mặt đường đến độ êm dịu của hành khách, 3 loại mặt đường ISO cấp A, ISO cấp B, ISO cấp C được chọn để phân tích đánh giá với giá trị vận tốc được chọn để mô phỏng và đánh giá với  $v=[30\ 50\ 70\ 90]$  km/h và các điều kiện khác không thay đổi. Ảnh hưởng của vận tốc đến độ êm dịu của hành khách được thể hiện bởi các giá trị  $a_{ws1}$  và  $a_{ws2}$ , được thể hiện trên hình 4. Từ kết quả thể hiện ở hình 4 chỉ ra rằng mặt đường chuyển biến xấu, các giá trị  $a_{ws1}$ ,  $a_{ws2}$  tăng điều đó dẫn đến độ êm dịu của hành khách chuyển biến xấu. Đặc biệt là khi xe chuyển động trên mặt đường xấu thì độ êm dịu biến xấu rất nhanh để nâng cao độ êm dịu hàng khách cũng như an toàn chuyển động người điều khiển xe khách hạn chế tốc độ của xe.

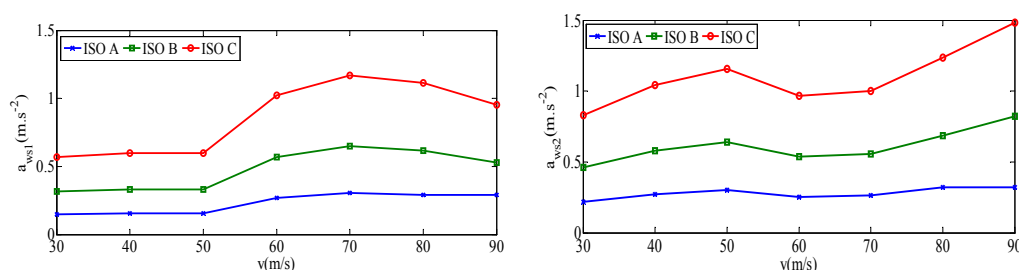


a) Giá trị  $a_{ws1}$  của ghế hành khách ở giữa xe; b) Giá trị  $a_{ws2}$  của ghế hành khách ở cuối xe.

Hình 4. Ảnh hưởng của điều kiện mặt đường đến độ êm dịu của hành khách.

### 5.2. Ảnh hưởng của vận tốc chuyển động

Để đánh giá ảnh hưởng của vận tốc chuyển động của xe đến độ êm dịu của hành khách, các giá trị vận tốc  $v=[30, 40, 50, 60, 70, 80, 90]$  km/h với ba loại mặt đường ISO cấp A, ISO cấp B, ISO cấp C và các điều kiện khác không thay đổi. Ảnh hưởng của vận tốc các giá trị  $a_{ws1}$  và  $a_{ws2}$  được thể hiện trên hình 5. Từ hình 5 chúng ta chỉ ra rằng vận tốc chuyển động của xe tăng, thì các giá trị  $a_{ws1}$ ,  $a_{ws2}$  tăng chậm khi xe chuyển động trên các loại mặt đường tốt và tăng rất nhanh khi xe chuyển động trên các loại mặt đường xấu.



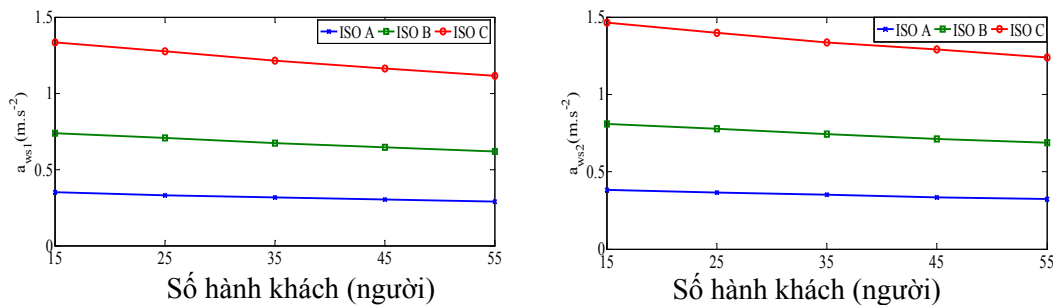
a) Giá trị  $a_{ws1}$  của ghế hành khách ở giữa xe; b) Giá trị  $a_{ws2}$  của ghế hành khách ở cuối xe.

Hình 5. Ảnh hưởng của vận tốc đến độ êm dịu của hành khách.

### 5.3. Ảnh hưởng của tải trọng đến độ êm

Tải trọng của xe không chỉ ảnh hưởng đến độ bền của các chi tiết và cụm chi tiết mà còn ảnh hưởng đến độ êm dịu chuyển động của xe. Số lượng hành khách ngồi trên ghế lần lượt  $m=[15; 25; 35; 45; 55]$  với khối lượng một hành khách là 65kg, khi xe chuyển động trên mặt đường ISO cấp A, ISO cấp B, ISO cấp C với vận tốc  $v=80$ km/h để đánh giá ảnh hưởng của tải trọng đến độ êm dịu của hành khách. Ảnh hưởng của tải trọng của xe đến các giá trị  $a_{ws1}$  và  $a_{ws2}$  được thể hiện trên hình 6. Trên cơ sở hình 6 chỉ ra rằng khi tải trọng

tăng thì độ êm dịu của hành khách được cải thiện, tuy nhiên khi tăng lớn quá theo quy định ảnh hưởng đến độ bền và an toàn chuyển động của xe. Khi xe chuyển động với vận tốc  $v=80\text{km/h}$ , so sánh với trường hợp khi xe chở 15 hành khách với trường hợp khi xe chở đủ khách giá trị  $a_{ws1}$  giảm lần lượt 16,853%, 16,407%, 14,31%; giá trị  $a_{ws2}$  giảm lần lượt 15,93%, 15,23%, 15,46% tương ứng với khi xe chuyển động trên các loại mặt đường ISO cấp A, ISO cấp B và ISO cấp C.



a) Giá trị  $a_{ws1}$  của ghế hành khách ở giữa xe; b) Giá trị  $a_{ws2}$  của ghế hành khách ở cuối xe.

**Hình 6.** Ảnh hưởng của tải trọng đến độ êm dịu của hành khách.

## 6. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một mô hình động lực học ba chiều 9 bậc tự do của xe IK-301 được mô phỏng và đánh giá ảnh hưởng của các điều kiện khai thác đến độ êm dịu của hành khách. Các kết quả chính có thể rút ra như sau:

i) Các điều kiện khai thác có ảnh hưởng lớn đến độ êm dịu hành khách. Đặc biệt là điều kiện mặt đường trường hợp 1 là rất êm dịu khi xe chuyển động trên mặt đường ISO cấp A với vận tốc 80km/h và trường hợp 2 là rất khó chịu khi xe chuyển động trên mặt đường ISO cấp C với vận tốc 80km/h.

ii) Vận tốc chuyển động của xe tăng, thì các giá trị  $a_{ws1}$ ,  $a_{ws2}$  tăng chậm khi xe chuyển động trên các loại mặt đường tốt và tăng rất nhanh khi xe chuyển động trên các loại mặt đường kém.

iii) Kết quả chỉ ra rằng so sánh với trường hợp khi xe chở 15 hành khách với trường hợp khi xe chở đủ khách giá trị  $a_{ws1}$  giảm lần lượt 16,853%, 16,407%, 14,31%; giá trị  $a_{ws2}$  giảm lần lượt 15,93%, 15,23%, 15,46% tương ứng với khi xe chuyển động trên các loại mặt đường ISO cấp A, ISO cấp B và ISO cấp C.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Abolfazl Seifi, Reza Hassannejad and Mohammad A Hamed, “Optimum design for passive suspension system of a vehicle to prevent rollover and improve ride comfort under random road excitations”, Proc IMechE Part K: J Multi-body Dynamics, 2015, 0(0),p.1–16.
- [2]. Mujde Turkkan and Nurkan Yagiz, “Fuzzy logic control for active bus suspension system”, Journal of Physics: Conference Series, 2013, Vol. 410, 0012006.
- [3]. Dragan Sekulic', Vlastimir Dedovic', Srdjan Rusov, Slaviša Šalinic', Aleksandar Obradovic. “Analysis of vibration effects on the comfort of intercity bus users by oscillatory model with ten degrees of freedom”, Applied Mathematical Modelling, 2013, Vol.37, p.8629–8644.
- [4]. Suwarnatoegal, “Vibrations in passenger bus and its analysis”, International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET), ISSN (E): 2321-8843; ISSN (P): 2347-4599, Vol. 4, Issue 2, Feb 2016, 99-102

- [5]. Wu Ren, Bo Peng, Jiefen Shen, Yang Li, Yi Yu, “*Study on Vibration Characteristics and Human Riding Comfort of a Special Equipment Cab*”, Hindawi Journal of Sensors, Volume 2018.
- [6]. International Organization for Standardization. “*ISO 8068 Mechanical Vibration-Road Surface Profiles-Reporting of Measured Data*”, 1995.
- [7]. ISO 2631-1 (1997). “*Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration, Part I: General requirements*”, The International Organization for Standardization.
- [8]. ISO 8608(1995). “*Mechanical vibration---Road surface profiles--- Reporting of measured data*”. 1995.
- [9]. A.E. Geweda, M.A. El-Gohary, A.M. El-Nabawy, T. Awad, “*Improvement of vehicle ride comfort using genetic algorithm optimization and PI controller*”, Alexandria University Alexandria Engineering Journal, 2017, Vol.56, p. 405-414.
- [10]. Dimitrios Koulocheris, Georgios Papaioannou, Emmanouil Chrysos, “*A comparison of optimal semi-active suspension systems regarding vehicle ride comfort*”, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 252 (2017) 012022.
- [11]. Dodds C J, Robson J D. “*The description of road surface roughness*”. Journal of Sound and Vibration, 1973, Vol.31(2): 175–183.

#### ABSTRACT

##### STUDY ON THE INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON PASSENGERS COMFORT

*The comfort of passengers is one of the important indicators in the quality of bus. In order to analyze the influence of operating conditions on ride comfort of passengers, a three-dimensional dynamic model of bus with 09 DOF (degree of freedom) was established for simulation and analysis. The weighted R.M.S (root mean square) acceleration responses of the vertical position seats in the middle of the bus and passenger in the rear overhang according to ISO 2631-1(1997) are chosen as objective functions. Matlab/Simulink software to simulate and calculate the objective functions. The influence of the different vehicle operating conditions such as the road surface conditions, speeds, and loads on the ride comfort of passengers are analyzed respectively in this paper. The study results show that the operating conditions have a great impact on passenger comfort. Especially, road conditions, case 1 is not uncomfortable when vehicle moves on road surface ISO level A at speed 80km/h and case 2 is uncomfortable when vehicle moves on road surface ISO level C at speed 80km/h*

**Keywords:** Bus; Suspension system; Operating conditions; Ride comfort.

*Nhận bài ngày 01 tháng 7 năm 2018*

*Hoàn thiện ngày 10 tháng 9 năm 2018*

*Chấp nhận đăng ngày 20 tháng 9 năm 2018*

Địa chỉ: <sup>1</sup> Khoa Kỹ thuật ô tô và Máy động lực, Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp, Đại học Thái Nguyên;  
<sup>2</sup> Khoa Cơ khí-Động lực, Trường Cao đẳng Lào Cai.  
\* Email: xuanlong\_0307@yahoo.co.uk.