

ĐÁNH GIÁ HÀNH LANG CHUYỂN ĐỘNG CỦA XE BUS 45 CHỖ KHI QUAY VÒNG TRÊN ĐƯỜNG

ASSESS THE MOVEMENT LANE OF 45 SEATS BUS WHEN TURNING
ON THE ROAD

Nguyễn Tiên Dũng, Đoàn Xuân Hoàng, Dư Tuấn Đạt
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Dòng xe bus đường dài 45 chỗ hiện đang được các nhà sản xuất lắp ráp ô tô trong nước phát triển rất nhiều trong thời gian qua. Do kích thước lớn, khi xe bus chuyển động quay vòng trên đường có thể mất ổn định hướng chuyển động do tác động của các yếu tố sử dụng và ngoại cảnh. Trong trường hợp như vậy, xe có thể vi phạm làn đường và va chạm với các thành lề đường hoặc phương tiện khác gây tai nạn. Việc đánh giá hành lang chuyển động của xe bus khi quay vòng làm cơ sở cho các bài toán điều khiển ổn định hướng hoặc quản lý giao thông là vấn đề đáng được quan tâm nghiên cứu. Bài báo trình bày một số kết quả đánh giá hành lang chuyển động của xe bus 45 chỗ khi quay vòng trên đường bằng phẳng. Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố sử dụng như góc quay bánh xe dẫn hướng và vận tốc chuyển động của xe đến hành lang chuyển động và khả năng vi phạm làn đường của xe.

Từ khóa: *Hành lang chuyển động; Vi phạm làn đường; Góc quay bánh dẫn hướng; Vận tốc chuyển động; Xe bus 45 chỗ.*

ABSTRACT

Intercity 45-seats bus is currently being developed by many domestic automobile manufacturers in recent years. Due to the large size, when the bus turning on the road, the vehicle motion may be unstable due to the influence of the operating and external factors. In such cases, the vehicle may get out of the lane and collide with other roadside or vehicle, and that caused the accident. The assessment of the movement lane of bus when turning on the road as a basis for the control or traffic management problem is a matter of concern. This paper presents some results of the assessment of the movement lane of 45-seats bus in turning on the flats road. This study focuses on the effects of factors such as the steering wheels angle and vehicle velocity to the lane violation of the bus.

Keywords: *Movement lane, lane violation, steering wheel angle, velocity, 45-seats bus.*

1. TỔNG QUAN

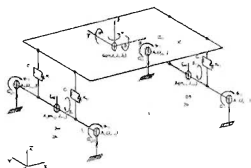
Sự chuyển động của ô tô trên đường đòi hỏi phải thực hiện theo quỹ đạo phức tạp, người lái luôn luôn điều chỉnh góc quay vành lái. Những trường hợp sai lầm dù nhỏ trong điều khiển cũng có thể dẫn tới mất quỹ đạo chuyển động, vi phạm làn đường gây va chạm thành lề đường và các phương tiện giao thông khác gây tai nạn. Những nghiên cứu cụ thể về đánh giá ổn định quỹ đạo nói chung và đánh giá hành lang an toàn chuyển động trên xe lắp ráp trong nước hiện nay ở Việt Nam vẫn còn rất hạn chế. Chính vì vậy, việc nghiên cứu phương pháp xác định và đánh giá về hành lang an toàn chuyển động khi quay vòng là một nhu cầu cấp thiết cho các bài toán quản lý phương tiện và làm định hướng cho các bài toán điều khiển và quản lý giao thông [2, 4].

Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu xây dựng mô hình xác định hành lang an toàn chuyển động thông qua việc đánh giá khả năng vi phạm làn đường khi quay vòng đều của xe bus giường nằm 45 chỗ THACO BUS HB120-SL được lắp ráp tại Việt Nam. Các kết quả nghiên cứu cho phép đánh giá hành lang an toàn chuyển động khi quay vòng và đóng góp cơ sở khoa học cho các nghiên cứu chuyên sâu về động lực học của xe bus.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC QUAY VÒNG CỦA XE BUS GIƯỜNG NÀM 45 CHỖ

Mô hình động lực học để đánh giá khả năng vi phạm làn đường của của xe bus được phát triển từ mô hình nghiên cứu động lực học không gian của xe 2 cầu trong trường hợp xe quay vòng trên đường (hình 1) [1, 2].

2.1. Mô hình không gian động lực học xe bus 45 chỗ



Hình 1 Mô hình không gian xe bus giường nằm.

Mô hình không gian mô tả động lực học của xe bus giường nằm 45 chỗ được thể hiện ở hình 1. Thân xe được coi như một tấm phẳng có khối lượng M đặt tại trọng tâm. Thân xe có 6 chuyển động (6 bậc tự do) bao gồm: 3 chuyển động tịnh tiến theo các trục x (trục dọc), y (trục ngang), z (trục thẳng đứng) và 3 góc xoay tương ứng: φ (góc lắc dọc - quay quanh trục y), β (góc lắc ngang - quay quanh trục x), ψ (góc lệch bên - quay quanh trục z). Với đặc điểm có hệ thống treo phụ thuộc, các khối lượng không được treo (các cầu xe) được coi như các thanh phẳng, có khối lượng m_{A1} , m_{A2} đặt tại trọng tâm của chúng. Mỗi cầu xe có 3 chuyển động tịnh tiến: Theo trục dọc (x_1, x_2), theo trục ngang (y_1, y_2), theo trục thẳng đứng (ξ_{A1}, ξ_{A2}) và 1 chuyển vị góc lắc ngang quanh trục dọc (β_{A1}, β_{A2}). Thân xe được nối với các cầu xe thông qua hệ thống treo (đặc trưng bởi các độ cứng C_{ij} và hệ số cản giảm chấn K_{ij} , chỉ số i : 1-Trước; 2-Sau; chỉ số j : 1-Trái; 2-Phải). Cầu xe liên kết với mặt đường bằng bánh xe dẫn hồi, đặc trưng bởi độ cứng C_{Lij} .

Trên mô hình sử dụng các ký hiệu sau: OXYZ: Hệ tọa độ cố định; C, A_1, A_2 : trọng tâm của khối lượng được treo và các khối lượng không được treo trước (1) và sau (2); J_x, J_y, J_z : Mô men quán tính trục x, y và z của khối lượng được treo xe tải; J_{Ax1}, J_{Ay1} : Mô men quán tính trục x và trục y của khối lượng không được treo

ĐÁNH GIÁ HÀNH LANG CHUYỂN ĐỘNG CỦA XE BUS 45 CHỖ KHI QUAY VÒNG TRÊN ĐƯỜNG

ASSESS THE MOVEMENT LANE OF 45 SEATS BUS WHEN TURNING
ON THE ROAD

Nguyễn Tiên Dũng, Đoàn Xuân Hoàng, Dư Tuấn Đạt
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Dòng xe bus đường dài 45 chỗ hiện đang được các nhà sản xuất lắp ráp ô tô trong nước phát triển rất nhiều trong thời gian qua. Do kích thước lớn, khi xe bus chuyển động quay vòng trên đường có thể mất ổn định hướng chuyển động do tác động của các yếu tố sử dụng và ngoại cảnh. Trong trường hợp như vậy, xe có thể vi phạm làn đường và va chạm với các thành lề đường hoặc phương tiện khác gây tai nạn. Việc đánh giá hành lang chuyển động của xe bus khi quay vòng làm cơ sở cho các bài toán điều khiển ổn định hướng hoặc quản lý giao thông là vấn đề đáng được quan tâm nghiên cứu. Bài báo trình bày một số kết quả đánh giá hành lang chuyển động của xe bus 45 chỗ khi quay vòng trên đường bằng phẳng. Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố sử dụng như góc quay bánh xe dẫn hướng và vận tốc chuyển động của xe đến hành lang chuyển động và khả năng vi phạm làn đường của xe.

Từ khóa: Hành lang chuyển động; Vi phạm làn đường; Góc quay bánh dẫn hướng; Vận tốc chuyển động; Xe bus 45 chỗ.

ABSTRACT

Intercity 45-seats bus is currently being developed by many domestic automobile manufacturers in recent years. Due to the large size, when the bus turning on the road, the vehicle motion may be unstable due to the influence of the operating and external factors. In such cases, the vehicle may get out of the lane and collide with other roadside or vehicle, and that caused the accident. The assessment of the movement lane of bus when turning on the road as a basis for the control or traffic management problem is a matter of concern. This paper presents some results of the assessment of the movement lane of 45-seats bus in turning on the flats road. This study focuses on the effects of factors such as the steering wheels angle and vehicle velocity to the lane violation of the bus.

Keywords: Movement lane, lane violation, steering wheel angle, velocity, 45-seats bus.

1. TỔNG QUAN

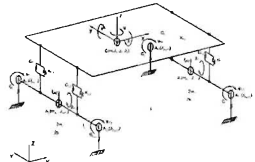
Sự chuyển động của ô tô trên đường đòi hỏi phải thực hiện theo quỹ đạo phức tạp, người lái luôn luôn điều chỉnh góc quay vành lái. Những trường hợp sai lầm dù nhỏ trong điều khiển cũng có thể dẫn tới mất quỹ đạo chuyển động, vi phạm làn đường gây va chạm thành lề đường và các phương tiện giao thông khác gây tai nạn. Những nghiên cứu cụ thể về đánh giá ổn định quỹ đạo nói chung và đánh giá hành lang an toàn chuyển động trên xe lắp ráp trong nước hiện nay ở Việt Nam vẫn còn rất hạn chế. Chính vì vậy, việc nghiên cứu phương pháp xác định và đánh giá về hành lang an toàn chuyển động khi quay vòng là một nhu cầu cấp thiết cho các bài toán quản lý phương tiện và làm định hướng cho các bài toán điều khiển và quản lý giao thông [2, 4].

Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu xây dựng mô hình xác định hành lang an toàn chuyển động thông qua việc đánh giá khả năng vi phạm làn đường khi quay vòng đều của xe bus giường nằm 45 chỗ THACO BUS HB120-SL được lắp ráp tại Việt Nam. Các kết quả nghiên cứu cho phép đánh giá hành lang an toàn chuyển động khi quay vòng và đóng góp cơ sở khoa học cho các nghiên cứu chuyên sâu về động lực học của xe bus.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC QUAY VÒNG CỦA XE BUS GIƯỜNG NẪM 45 CHỖ

Mô hình động lực học để đánh giá khả năng vi phạm làn đường của của xe bus được phát triển từ mô hình nghiên cứu động lực học không gian của xe 2 cầu trong trường hợp xe quay vòng trên đường (hình 1) [1, 2].

2.1. Mô hình không gian động lực học xe bus 45 chỗ



Hình 1. Mô hình không gian xe bus giường nằm.

Mô hình không gian mô tả động lực học của xe bus giường nằm 45 chỗ được thể hiện ở hình 1. Thân xe được coi như một tấm phẳng có khối lượng M đặt tại trọng tâm. Thân xe có 6 chuyển động (6 bậc tự do) bao gồm: 3 chuyển động tịnh tiến theo các trục x (trục dọc), y (trục ngang), z (trục thẳng đứng) và 3 góc xoay tương ứng: φ (góc lắc dọc - quay quanh trục y), β (góc lắc ngang - quay quanh trục x), ψ (góc lệch bên - quay quanh trục z). Với đặc điểm có hệ thống treo phụ thuộc, các khối lượng không được treo (các cầu xe) được coi như các thanh phẳng, có khối lượng m_{A1} , m_{A2} đặt tại trọng tâm của chúng. Mỗi cầu xe có 3 chuyển động tịnh tiến: Theo trục dọc (x_1, x_2), theo trục ngang (y_1, y_2), theo trục thẳng đứng (ξ_{A1}, ξ_{A2}) và 1 chuyển vị góc lắc ngang quanh trục dọc (β_{A1}, β_{A2}). Thân xe được nối với các cầu xe thông qua hệ thống treo (đặc trưng bởi các độ cứng C_{ij} và hệ số cản giảm chấn K_{ij} , chỉ số i : 1-Trước; 2-Sau; chỉ số j : 1-Trái; 2-Phải). Cầu xe liên kết với mặt đường bằng bánh xe đàn hồi, đặc trưng bởi độ cứng C_{Lij} .

Trên mô hình sử dụng các ký hiệu sau: OXYZ: Hệ tọa độ cố định; C, A_1, A_2 : trọng tâm của khối lượng được treo và các khối lượng không được treo trước (1) và sau (2); J_x, J_y, J_z : Mô men quán tính trục x, y và z của khối lượng được treo xe tải; J_{Ax1}, J_{Ay1} : Mô men quán tính trục x và trục y của khối lượng không được treo ω .

cầu thứ i ($i=1-2$); φ_j : Góc quay của bánh xe thứ j ($i=1-2, j=1-2$); L : Chiều dài cơ sở của xe; l_1, l_2 : Khoảng cách từ trọng tâm thân xe đến cầu trước và sau; $2_{b1}, 2_{b2}$: Khoảng cách giữa tâm 2 bánh xe cầu trước và sau; $2_{w1}, 2_{w2}$: Khoảng cách giữa 2 vị trí đặt nhíp trên cầu trước và sau.

Như vậy, mô hình cấu trúc của xe tải sẽ có 14 tọa độ suy rộng (14 bậc tự do) bao gồm: 6 bậc tự do mô tả thân xe ($x, y, z, \beta, \varphi, \psi$); 2 bậc tự do mô tả cầu trước (ξ_{A1}, β_{A1}); 2 bậc tự do mô tả cầu sau (ξ_{A2}, β_{A2}) và 4 bậc tự do mô tả góc quay bánh xe ($\varphi_j, i = 1, 2; j = 1, 2$).

2.2. Hệ phương trình vi phân mô tả động lực học quay vòng của xe bus 45 chỗ

Hệ phương trình vi phân tổng quát mô tả động lực học của xe bus giường nằm 45 chỗ được mô tả ở hệ (1):

$$\begin{cases}
 M\ddot{x} = F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12} + F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22} \\
 M\ddot{y} = F_{11} \cos \delta_{11} - F_{12} \cos \delta_{12} - F_{11} \sin \delta_{11} - F_{12} \sin \delta_{12} - F_{21} + F_{22} - M\varphi\ddot{\psi} \\
 M\ddot{z} = F_{11} \cos \delta_{11} + F_{12} \cos \delta_{12} + F_{11} \sin \delta_{11} + F_{12} \sin \delta_{12} + F_{21} + F_{22} - M\varphi\ddot{\psi} \\
 J_{\psi} \ddot{\psi} = b_1(F_{21} \cos \delta_{11} - F_{21} \sin \delta_{11} - F_{21} \cos \delta_{12} + F_{22} \sin \delta_{12}) + b_2(F_{21} - F_{22}) \\
 \quad - l_1(F_{21} + F_{22}) + l_2(F_{21} \cos \delta_{11} + F_{21} \sin \delta_{11} - F_{21} \sin \delta_{12} + F_{21} \cos \delta_{12}) \\
 J_{\beta} \ddot{\beta} = -l_1(F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12}) - l_2(F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22}) \\
 \quad - (M_{x1} + M_{x2} - M_{z1} + M_{z2}) - (h_y - r_1)(F_{11} + F_{12}) - (h_y - r_2)(F_{21} + F_{22}) \\
 J_{\beta} \ddot{\beta} = (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})\beta_1 + (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})\beta_2 \\
 m_{A1} \ddot{\xi}_{A1} = (F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22}) - (F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12}) \\
 J_{w1} \ddot{\varphi}_1 = (F_{C11} - F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})\beta_1 + (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})\beta_2 \\
 \quad + (F_{21} \cos \delta_{11} + F_{22} \cos \delta_{12} + F_{11} \sin \delta_{11} - F_{12} \sin \delta_{12})\beta_1 \\
 m_{A2} \ddot{\xi}_{A2} = (F_{C21} - F_{K21} + F_{C22} - F_{K22}) - (F_{C11} - F_{K11} - F_{C12} - F_{K12}) \\
 J_{w2} \ddot{\varphi}_2 = (F_{C21} + F_{K21} - F_{C22} - F_{K22})\beta_1 + (F_{C11} + F_{K11} - F_{C12} - F_{K12})\beta_2 \\
 J_{\varphi_j} \ddot{\varphi}_j = M_j \cdot (F_{\varphi_j} + F_{K_{\varphi_j}})_{\varphi_j} \quad i=1,2, j=1,2
 \end{cases} \quad (1)$$

Trong hệ phương trình (1) có các thành phần lực sau:

- Nội lực của hệ thống treo F_{Cij}, F_{Kij} được mô tả theo phương trình (2) [1]:

$$\vec{F}_{Cij} = C_{ij} (\xi_{Aij} - z_{ij}); \quad \vec{F}_{Kij} = K_{ij} (\dot{\xi}_{Aij} - \dot{z}_{ij}) \quad (2)$$

Với z_{ij} là chuyển vị của khối lượng được

treo; ξ_{Aij} là chuyển vị của các khối lượng không được treo.

- Các phân lực thẳng đứng F_{zij} giữa bánh xe với mặt đường được xác định theo trạng thái tiếp xúc (hoặc trạng thái tách bánh xe) như sau:

$$F_{zij} = \begin{cases} C_{zij}(h_y - z_{Aij}) + F_{\varphi_j} & khi \quad h_y - \left| \frac{z_{Aij}}{e_{zij}} - f'_{ij} \right| \geq 0 \\ 0 & khi \quad h_y - \left| \frac{z_{Aij}}{e_{zij}} - f'_{ij} \right| < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó: h_y là mấp mô tại các bánh xe i, j ; ξ_{Aij} là chuyển vị thẳng đứng của tâm bánh xe i, j ; f'_{ij} là độ võng tĩnh của lớp thứ i, j .

- Các lực dọc, lực ngang tại mỗi bánh xe F_x, F_y được xác định từ mô hình tích hợp (mô hình lớp theo Ammonn [3]).

3. PHƯƠNG ÁN KHẢO SÁT

Việc mất ổn định quỹ đạo chuyển động thường xảy ra khi quay vòng ở bán kính với vận tốc cao hoặc góc quay vòng gấp. Khảo sát này chỉ tập trung nghiên cứu trạng thái quay vòng của xe với các điều kiện được định nghĩa trước: Bao gồm góc quay bánh xe dẫn hướng và vận tốc dọc xe.

Hiện nay, chưa có tiêu chuẩn nào để đánh giá khả năng vi phạm làn đường khi quay vòng. Trong nghiên cứu này sử dụng vị trí của các điểm giới hạn của xe bus giường nằm 45 chỗ để xác định hành lang quét để đánh giá trạng thái vi phạm làn đường của xe khi quay vòng.

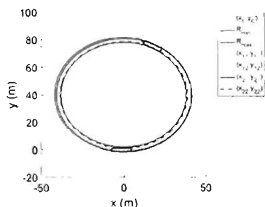
4. KẾT QUẢ KHẢO SÁT

Ảnh hưởng của các thông số sử dụng đến khả năng vi phạm làn đường của xe khi quay vòng được đánh giá trong các khảo sát

dưới đây, với giả thiết ô tô quay vòng đều trong một cung đường có bán kính không đổi $R = 40m$ và có bề rộng làn đường theo tiêu chuẩn là $3.75m$.

4.1. Ảnh hưởng của góc quay bánh xe dẫn hướng đến hành lang an toàn chuyển động

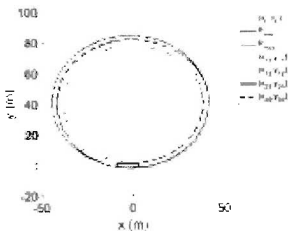
Trong nghiên cứu này, góc quay bánh xe dẫn hướng thay trong khoảng $\delta = [8^\circ, 11^\circ]$, bước nhảy 0.1° ; với một vận tốc của xe không đổi $v = 40 \text{ km/h}$.



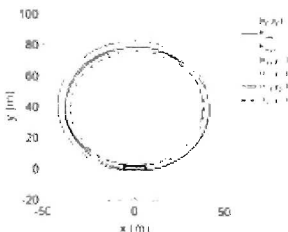
Hình 2. Hành lang chuyển động của xe với $v = 40 \text{ km/h}$, $\delta = 9.1^\circ$, bán kính cung đường $R = 40m$, bề rộng đường $b_R = 3.75m$

Hình 2, hình 3 và hình 4 thể hiện kết quả khảo sát hành lang chuyển động của xe khi vận tốc không đổi $v = 40 \text{ km/h}$ tương ứng với các góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 9.1^\circ$; 8.7° ; 9.5° . Trong các hình vẽ, đường nét đứt màu hồng thể hiện quỹ đạo của trục trọng tâm xe (x_C, y_C) , các đường màu đỏ thể hiện giới hạn làn đường (R_{min} , R_{max}), các đường màu xanh lá cây và xanh tím than thể hiện hành lang quét của xe (quỹ đạo chuyển động của 4 điểm giới hạn ngoài cùng (x_{11}, y_{11}) , (x_{12}, y_{12}) , (x_{21}, y_{21}) và (x_{22}, y_{22})). Ở hình 2, khi xe chuyển động với vận tốc không đổi $v = 40 \text{ km/h}$ với góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 9.1^\circ$. Trong trường hợp này, xe chuyển động không vi phạm làn đường do quỹ đạo chuyển động của tất cả các điểm giới

hạn ngoài của xe đều nằm trong hành lang làn đường giới hạn bên trong và bên ngoài. Hình 3, thể hiện kết quả khảo sát khi góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 8.7^\circ$. Ở điều kiện quay vòng này, một phần xe sẽ vi phạm làn đường bên trong (bên phải theo hướng chuyển động của xe). Điều đó có thể dẫn đến va chạm vào thành lề đường hoặc các phương tiện ở làn bên trong. Hình 4, thể hiện kết quả khảo sát với góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 9.5^\circ$. Lúc này, một phần xe sẽ vi phạm làn đường bên ngoài (bên trái theo hướng chuyển động của xe), dẫn đến có thể va chạm với các phương tiện hoặc lề đường ở làn bên ngoài.



Hình 3. Hành lang chuyển động của xe với $v = 40 \text{ km/h}$, $\delta = 8.7^\circ$



Hình 4. Hành lang chuyển động của xe với $v = 40 \text{ km/h}$, $\delta = 9.5^\circ$

cầu thứ i ($i=1+2$); φ_j : Góc quay của bánh xe thứ j ($i=1+2, j=1+2$); L : Chiều dài cơ sở của xe; l_1, l_2 : Khoảng cách từ trọng tâm thân xe đến cầu trước và sau; $2_{b_1}, 2_{b_2}$: Khoảng cách giữa tâm 2 bánh xe cầu trước và sau; $2_{w_1}, 2_{w_2}$: Khoảng cách giữa 2 vị trí đặt nhíp trên cầu trước và sau.

Như vậy, mô hình cấu trúc của xe tải sẽ có 14 tọa độ suy rộng (14 bậc tự do) bao gồm: 6 bậc tự do mô tả thân xe ($x, y, z, \beta, \varphi, \psi$); 2 bậc tự do mô tả cầu trước ($\xi_{\Delta 1}, \beta_{\Delta 1}$); 2 bậc tự do mô tả cầu sau ($\xi_{\Delta 2}, \beta_{\Delta 2}$) và 4 bậc tự do mô tả góc quay bánh xe ($\varphi_j, i = 1, 2; j = 1, 2$).

2.2. Hệ phương trình vi phân mô tả động lực học quay vòng của xe bus 45 chỗ

Hệ phương trình vi phân tổng quát mô tả động lực học của xe bus giường nằm 45 chỗ được mô tả ở hệ (1):

$$\begin{aligned}
 M\ddot{x} &= F_{C11} + F_{C12} + F_{C22} + F_{C12} - F_{C22} - F_{C22} - F_{C22} \\
 M\ddot{y} &= F_{C11} \cos \delta_1 + F_{C12} \cos \delta_2 - F_{C21} \sin \delta_1 - F_{C22} \sin \delta_2 + F_{C21} + F_{C22} + M\psi \\
 M\ddot{\beta} &= F_{C11} \cos \delta_1 - F_{C22} \cos \delta_2 - F_{C21} \sin \delta_1 + F_{C22} \sin \delta_2 - F_{C21} + F_{C22} - M\psi \\
 J_{\Delta 1} \ddot{\varphi}_1 &= I_1(F_{C11} \cos \delta_1 - F_{C21} \sin \delta_1 - F_{C11} \cos \delta_1 - F_{C12} \sin \delta_2) + b_1(F_{C21} - F_{C22}) \\
 &\quad - I_1(F_{C21} + F_{C22}) + I_1(F_{C11} \cos \delta_1 - F_{C22} \cos \delta_2 + F_{C21} \sin \delta_1 + F_{C22} \sin \delta_2) \\
 J_{\Delta 2} \ddot{\varphi}_2 &= -I_2(F_{C21} + F_{C22} + F_{C21} + F_{C22}) + I_2(F_{C21} - F_{C22} + F_{C21} + F_{C22}) \\
 &\quad - (M_{C11} + M_{C12} + M_{C21} + M_{C22}) \cdot (b_2 - r_1)(F_{C21} - F_{C22}) - (b_2 - r_2)(F_{C21} + F_{C22}) \\
 J_{\beta} \ddot{\beta} &= (F_{C11} + F_{C22} - F_{C22} - F_{C22}) \cdot \rho_{\beta 1} + (F_{C22} - F_{C22} - F_{C22} - F_{C22}) \cdot \rho_{\beta 2} \\
 m_{\Delta 1} \ddot{\xi}_{\Delta 1} &= (F_{C22} + F_{C22} + F_{C22} + F_{C22}) - (F_{C11} + F_{C21} + F_{C22} + F_{C22}) \\
 J_{w_1} \ddot{\beta}_{\Delta 1} &= (F_{C22} + F_{C22} - F_{C11} - F_{C21}) \cdot \rho_{\beta 1} + (F_{C22} + F_{C22} - F_{C22} - F_{C22}) \cdot \rho_{\beta 2} \\
 &\quad + (F_{C21} \cos \delta_1 + F_{C12} \cos \delta_2 + F_{C21} \sin \delta_1 + F_{C12} \sin \delta_2) \cdot \rho_{\beta 1} \\
 m_{\Delta 2} \ddot{\xi}_{\Delta 2} &= (F_{C22} - F_{C22} - F_{C22} - F_{C22}) - (F_{C22} + F_{C22} - F_{C22} + F_{C22}) \\
 J_{w_2} \ddot{\beta}_{\Delta 2} &= (F_{C22} + F_{C22} - F_{C22} - F_{C22}) \cdot \rho_{\beta 1} + (F_{C22} + F_{C22} - F_{C22} - F_{C22}) \cdot \rho_{\beta 2} \\
 J_{\Delta 1} \ddot{\varphi}_1 &= M_{\varphi 1} (F_{\varphi 1} + J_{\varphi 1}) \varphi_1 \quad i=1,2, j=1,2
 \end{aligned} \tag{1}$$

Trong hệ phương trình (1) có các thành phần lực sau:

- Nội lực của hệ thống treo F_{Cij}, F_{Kij} được mô tả theo phương trình (2) [1]:

$$F_{Cij} = C_{ij} \cdot |z_{ij} - z_{ij}|; \quad F_{Kij} = K_{ij} (z_{ij} - z_{ij}) \tag{2}$$

Với z_{ij} là chuyển vị của khối lượng được

treo; $\xi_{\Delta ij}$ là chuyển vị của các khối lượng không được treo.

- Các phản lực thẳng đứng $F_{\Delta ij}$ giữa bánh xe với mặt đường được xác định theo trạng thái tiếp xúc (hoặc trạng thái tách bánh xe) như sau:

$$F_{\Delta ij} = \begin{cases} C_{\Delta ij}(h_{ij} - \xi_{\Delta ij}) + F_{\Delta 0} & \text{ khi } h_{ij} - [\xi_{\Delta ij} - f_{ij}] \geq 0 \\ 0 & \text{ khi } h_{ij} - [\xi_{\Delta ij} - f_{ij}] < 0 \end{cases} \tag{3}$$

Trong đó: h_{ij} là mấp mô tại các bánh xe i, j ; $\xi_{\Delta ij}$ là chuyển vị thẳng đứng của tâm bánh xe i, j ; f_{ij} là độ võng tĩnh của lốp thứ ij .

- Các lực dọc, lực ngang tại mỗi bánh xe F_x, F_y được xác định từ mô hình tích hợp (mô hình lốp theo Ammann [3]).

3. PHƯƠNG ÁN KHẢO SÁT

Việc mất ổn định quỹ đạo chuyển động thường xảy ra khi quay vòng ở bán kính với vận tốc cao hoặc góc quay vòng gấp. Khảo sát này chỉ tập trung nghiên cứu trạng thái quay vòng của xe với các điều kiện được định nghĩa trước: Bao gồm góc quay bánh xe dẫn hướng và vận tốc dọc xe.

Hiện nay, chưa có tiêu chuẩn nào để đánh giá khả năng vi phạm làn đường khi quay vòng. Trong nghiên cứu này sử dụng vị trí của các điểm giới hạn của xe bus giường nằm 45 chỗ để xác định hành lang quét để đánh giá trạng thái vi phạm làn đường của xe khi quay vòng.

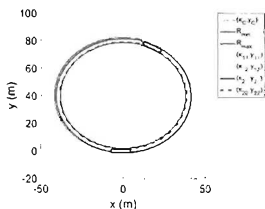
4. KẾT QUẢ KHẢO SÁT

Ảnh hưởng của các thông số sử dụng đến khả năng vi phạm làn đường của xe khi quay vòng được đánh giá trong các khảo sát

dưới đây, với giả thiết ô tô quay vòng đều trong một cung đường có bán kính không đổi $R = 40\text{m}$ và có bề rộng làn đường theo tiêu chuẩn là 3.75m .

4.1. Ảnh hưởng của góc quay bánh xe dẫn hướng đến hành lang an toàn chuyển động

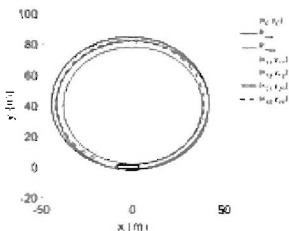
Trong nghiên cứu này, góc quay bánh xe dẫn hướng thay trong khoảng $\delta = [8^\circ, 11^\circ]$, bước nhảy 0.1° ; với một vận tốc của xe không đổi $v = 40\text{ km/h}$.



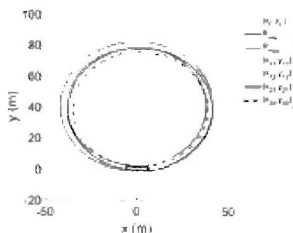
Hình 2. Hành lang chuyển động của xe với $v = 40\text{ km/h}$, $\delta = 9.1^\circ$, bán kính cung đường $R = 40\text{m}$, bề rộng đường $b_R = 3.75\text{m}$

Hình 2, hình 3 và hình 4 thể hiện kết quả khảo sát hành lang chuyển động của xe khi vận tốc không đổi $v = 40\text{ km/h}$ tương ứng với các góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 9.1^\circ$; 8.7° ; 9.5° . Trong các hình vẽ, đường nét đứt màu hồng thể hiện quỹ đạo của trọng tâm xe (x_c, y_c) , các đường màu đỏ thể hiện giới hạn làn đường (R_{\min} , R_{\max}), các đường màu xanh lá cây và xanh tím than thể hiện hành lang quét của xe (quỹ đạo chuyển động của 4 điểm giới hạn ngoài cùng (x_{11}, y_{11}) , (x_{12}, y_{12}) , (x_{21}, y_{21}) và (x_{22}, y_{22})). Ở hình 2, khi xe chuyển động với vận tốc không đổi $v = 40\text{ km/h}$ với góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 9.1^\circ$. Trong trường hợp này, xe chuyển động không vi phạm làn đường do quỹ đạo chuyển động của tất cả các điểm giới

hạn ngoài của xe đều nằm trong hành lang làn đường giới hạn bên trong và bên ngoài. Hình 3, thể hiện kết quả khảo sát khi góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 8.7^\circ$. Ở điều kiện quay vòng này, một phần xe sẽ vi phạm làn đường bên trong (bên phải theo hướng chuyển động của xe). Điều đó có thể dẫn đến va chạm vào thành lề đường hoặc các phương tiện ở làn bên trong. Hình 4, thể hiện kết quả khảo sát với góc quay bánh xe dẫn hướng $\delta = 9.5^\circ$. Lúc này, một phần xe sẽ vi phạm làn đường bên ngoài (bên trái theo hướng chuyển động của xe), dẫn đến có thể va chạm với các phương tiện hoặc lề đường ở làn bên ngoài.

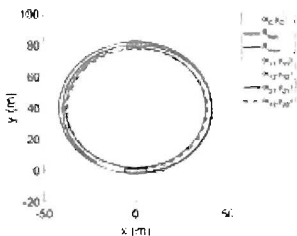


Hình 3. Hành lang chuyển động của xe với $v = 40\text{ km/h}$, $\delta = 8.7^\circ$

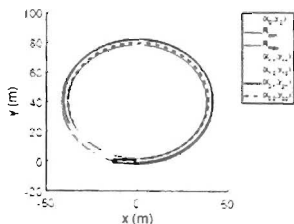


Hình 4. Hành lang chuyển động của xe với $v = 40\text{ km/h}$, $\delta = 9.5^\circ$

4.2. Ảnh hưởng của vận tốc xe đến mất ổn định chuyển động khi quay vòng



Hình 5. Hành lang chuyển động của xe với $\delta = 9.2^\circ, v = 36 \text{ km/h}$



Hình 6. Hành lang chuyển động của xe với $\delta = 9.2^\circ, v = 54 \text{ km/h}$

Trong nghiên cứu này, thông số được khảo sát là các vận tốc chuyển động của xe trong khoảng giá trị $v = [38, 64] \text{ km/h}$, bước nhảy 2 km/h với một góc quay không đổi $\delta = 9.2^\circ$.

Hình 5, kết quả khảo sát khi góc quay bánh xe dẫn hướng không đổi $\delta = 9.2^\circ$ với vận

tốc của xe $v = 36 \text{ km/h}$. Ở điều kiện quay vòng này, một phần xe sẽ vi phạm làn đường bên trong. Hình 6, thể hiện kết quả khảo sát với góc $\delta = 9.2^\circ$ và vận tốc $v = 54 \text{ km/h}$. Trong trường hợp này, một phần xe sẽ vi phạm làn đường bên ngoài.

Bảng 1, trình bày kết quả khảo sát tổng hợp về khả năng vi phạm làn đường tổng hợp từ 2 dạng khảo sát ở trên, khi thay đổi vận tốc của xe trong khoảng từ 36 km/h đến 54 km/h, góc quay vòng của bánh xe dẫn hướng trong khoảng từ 8° đến 11° . Các ô có giá trị 1 và màu xám nhạt thể hiện trạng thái quay vòng vi phạm làn đường bên trong (làn bên phải xe). Các ô có giá trị 0 và màu trắng thể hiện trạng thái xe đảm bảo đi trong làn đường của mình. Các ô có giá trị -1 và màu xám đậm thể hiện trạng thái quay vòng vi phạm làn bên ngoài (làn bên trái xe). Trường hợp $v = 36 \text{ km/h}$: khi $\delta \leq 9^\circ$, xe đều có trạng thái quay vòng vi phạm làn đường bên trong; khi $\delta \geq 9.2^\circ$, xe đều có trạng thái quay vòng vi phạm làn đường bên ngoài; chỉ có kết quả khảo sát với $\delta = 9.1^\circ$ thì xe quay vòng với quỹ đạo nằm trong làn đường mong muốn. Kết quả cũng cho thấy, trạng thái quay vòng của xe rất "nhạy" với sự thay đổi góc quay của bánh xe dẫn hướng. Trường hợp $\delta = 9.2^\circ$: Khi $v \leq 36 \text{ km/h}$, xe đều có trạng thái quay vòng vi phạm làn đường bên ngoài; Khi $v \geq 54 \text{ km/h}$, xe đều có trạng thái quay vòng vi phạm làn đường bên trong. Trong dải vận tốc v từ 38 km/h đến 52 km/h, xe quay vòng với quỹ đạo nằm trong làn đường mong muốn. Kết quả cũng cho thấy trạng thái quay vòng của xe cũng khá "nhạy" với sự thay đổi vận tốc chuyển động của xe.

Bảng 1. Kết quả khảo sát ổn định quỹ đạo (vi phạm làn đường) của xe khi quay vòng đều trên cung đường có bán kính $R = 40m$, bề rộng làn đường 3.75m:

$\delta(^{\circ})$ v (km/h)	≤ 8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9	9.1	9.2	9.3	9.4	≥ 9.5
≤ 36	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
38	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1
40	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1
42	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1
44	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1
46	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1
48	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1
50	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1
52	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
54	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1

Các kết quả khảo sát là phù hợp với lý thuyết về các trạng thái quay vòng: Trạng thái quay vòng làm cho xe vi phạm làn đường bên ngoài thường xảy ra với các góc δ nhỏ. Góc δ càng lớn thì sự vi phạm ngoài càng ít. Trạng thái quay vòng vi phạm làn đường bên trong thường xảy ra với các góc δ lớn. Khi vận tốc càng tăng thì trọng tâm xe càng ra ngoài tâm đường mong muốn. Còn vận tốc càng giảm thì trọng tâm càng vào trong của đường mong muốn. Các kết quả khảo sát cho thấy vận tốc càng cao thì khả năng vi phạm làn đường bên trong càng cao, vận tốc càng thấp thì khả năng vi phạm bên ngoài càng cao.

5. KẾT LUẬN

Kết quả đánh giá khả năng vi phạm làn đường của xe bus 45 chỗ bằng mô hình lý thuyết có thể được sử dụng cho các định hướng ứng dụng trong đánh giá chất lượng thiết kế của xe, cũng như làm cơ sở cho bài toán điều khiển quỹ đạo chuyển động của xe. Việc điều khiển có thể tác động vào thay đổi vận tốc hoặc góc đánh lái (góc quay bánh xe dẫn hướng), đó là cơ sở khi thiết kế các loại xe thông minh không người lái. Mô hình cũng có thể được mở rộng

để nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số kết cấu (độ cứng lốp, tỷ số truyền dẫn động lái), hoặc các thông số ngoại cảnh (gió ngang, độ nghiêng ngang của đường) đến ổn định quỹ đạo chuyển động của xe bus. Ngoài ra, từ các dữ liệu xác định trạng thái vi phạm làn đường có thể định hướng ra mức cảnh báo cho người lái xe để giảm tốc độ hoặc tăng giảm góc đánh lái khi quay vòng hoặc có thể làm cơ sở cho bài toán đặt biển hạn chế tốc độ trước các đường vòng, đường xuyên. ♦

Ngày nhận bài: 08/01/2019

Ngày phản biện: 25/01/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1] Bùi Quốc Huy, Võ Văn Hường, Trịnh Minh Hoàng: "Đánh giá khả năng vi phạm làn đường của xe tải 2,45 tấn khi quay vòng trên đường"; Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 09/2017, trang 45-50.
- [2] Võ Văn Hường, Nguyễn Tiến Dũng, Dương Ngọc Khánh, Đàm Hoàng Phúc: "Đóng lực học ở 10". NXB. Giáo dục Việt Nam, 2014.
- [3] Aminonn, D: "Modellbildung und Systementwicklung in der Fahrzeugtechnik". BG Teubner, 1997.
- [4] Mitschke M, Wallentowitz H: "Dynamik der Kraftfahrzeuge". Berlin, Springer, 2004