

NGHIÊN CỨU ĐỘNG LỰC HỌC QUAY VÒNG CỦA XE Ô TÔ TẢI 1.25 TẤN

RESEARCH ON THE ROTATIONAL DYNAMICS OF A 1.25-TON TRUCK

NGUYỄN ĐỨC HẢI^{1,*}, LƯƠNG VĂN VẠN²

¹ Học viên Cao học trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

² Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

Email*: nguyenduchai47@gmail.com

Nhận bài (Received): 11/5/2022; Phản biện (Reviewed): 22/5/2022; Chấp nhận (Accepted): 25/7/2022

TÓM TẮT:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu quỹ đạo chuyển động ô tô bằng mô hình phẳng một vết. Trong nghiên cứu này quỹ đạo chuyển động của xe được khảo sát bằng phần mềm Matlab khi biết trước quy luật đánh lái nhằm mục đích xác định sự ảnh hưởng của các yếu tố: Góc đánh lái, hệ số bám giữa lốp xe với mặt đường, vận tốc chuyển động của ô tô và tải trọng đến quỹ đạo chuyển động khi ô tô quay vòng. Kết quả khảo sát cho thấy, khi góc đánh lái tăng lên thì bán kính quay vòng giảm, khi hệ số bám tăng thì bán kính quay vòng giảm, độ ổn định khi quay vòng tăng. Sự thay đổi vận tốc xe tỉ lệ thuận với sự thay đổi bán kính quay vòng của xe.

Từ khóa: Quay vòng, góc lăn lệch, quỹ đạo, động lực học.

ABSTRACT:

This paper presents the research results of the truck's motion trajectory using a single-track planar model. In this study, the truck's motion trajectory was investigated using Matlab software with the steering rule identified in advance for the purpose of determining the influence of the following factors: Steering angle, the grip coefficient between the tire and the road surface, the effect of the truck's motion speed and load on the motion trajectory in case of the truck turning around. The survey results show that an increase in the steering angle led to the reduction in the rotation radius, and an increase in the grip coefficient led to the reduction in the rotation radius and an improvement in the rotational stability. The change in truck speed is proportional to the change in the rotation radius of the truck.

Keywords: Turning around, deflected rolling angle, trajectory, dynamics.

1. Mở đầu

Có nhiều phương pháp mô tả quỹ đạo chuyển động của ô tô, việc sử dụng phương pháp mô tả bằng toán học có nhiều thuận lợi hơn vì cho phép đánh giá các yếu tố ảnh hưởng một cách độc lập và tiến hành tối ưu các thông số kết cấu. Các kết quả của mô hình tính toán đều được kiểm chứng

qua thực nghiệm, để đánh giá tính chính xác của mô hình đã được xây dựng mô tả quỹ đạo chuyển động của ô tô. Trong quá trình nghiên cứu xây dựng hệ phương trình vi phân biểu diễn mối quan hệ của góc lệch thân xe β với góc đánh lái δ và các góc lệch của bánh xe α với các thông số của xe để xác định quỹ đạo chuyển động và các nhân tố ảnh hưởng đến tính

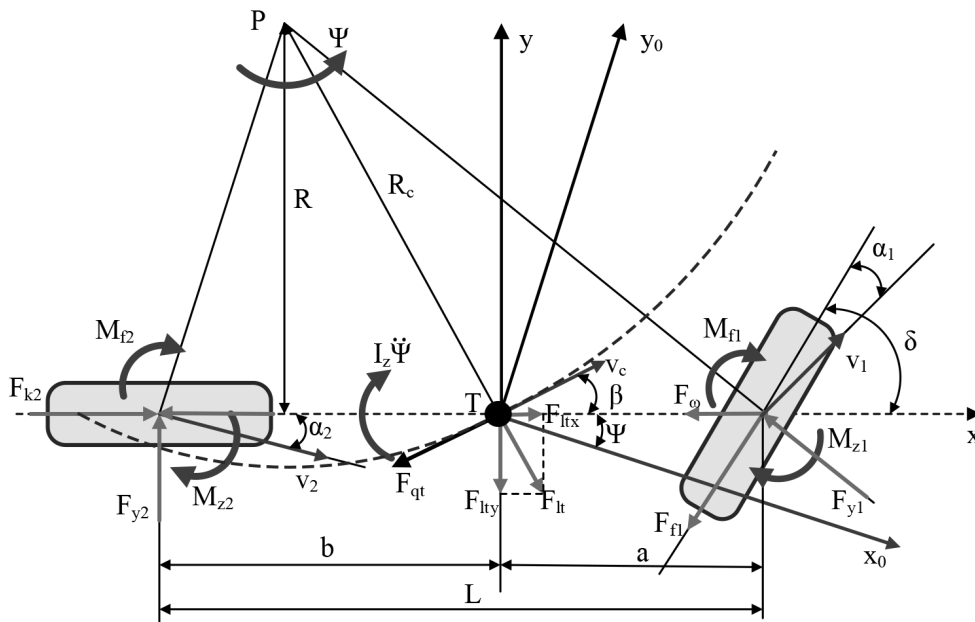
chất quay vòng của ô tô. Các nhân tố ảnh hưởng đến tính ổn định chuyển động của ô tô khi quay vòng như: vận tốc chuyển động của xe, bán kính quay vòng, đặc tính biến dạng của lốp, ...[1]

Để nghiên cứu một cách đầy đủ hơn về hiện tượng trượt ngang các bánh xe ô tô tải 1,25 tấn, trong nghiên cứu này tác giả sử dụng phương pháp mô hình hóa và mô phỏng chuyển động của ô tô bằng các mô hình phù hợp [2].

2. Xây dựng mô hình động lực học quay vòng ô tô tải nhẹ 1,25 tấn

Trong nghiên cứu quỹ đạo chuyển động của ô tô tải nhẹ cần thiết phải đưa

ra mô hình mô tả chuyển động của ô tô. Mô hình đơn giản chưa đáp ứng được mục tiêu nghiên cứu của đề tài. Khi ô tô chuyển động quay vòng với vận tốc cao, các phản lực ngang tại các bánh xe tạo nên các góc lăn lệch đủ lớn, nên để mô tả chuyển động cần sử dụng mô hình động lực học. Hình 1 mô tả sơ đồ tính toán động lực học quay vòng ô tô tải với cầu trước dẫn hướng. Các bánh xe được đặt trên trục dọc của ô tô, do đó góc đánh lái δ được lấy bằng giá trị trung bình các góc quay của bánh xe cầu trước. Trạng thái của ô tô được xác định thông qua hệ tọa độ $x - y$ gắn trên thân xe và góc quay thân xe ψ [3].



Hình 1: Mô hình động lực học quay vòng của ô tô tải nhẹ cầu sau chủ động

Sơ đồ tính toán động lực học quay vòng của ô tô tải nhẹ cầu sau chủ động được mô tả như trên hình 1, trong đó vị trí trọng tâm được xác định theo hệ tọa độ cố định $X - Y$. Trên sơ đồ thể hiện tâm quay vòng tức thời là P , khoảng cách từ trọng tâm tới tâm cầu trước là a , khoảng cách từ trọng tâm tới tâm cầu sau là b , góc quay của các bánh xe (góc lái) cầu trước là δ .

Xây dựng hệ phương trình động lực

học quay vòng của ô tô 2 cầu chủ động. Phương trình cân bằng lực theo phương x :

$$F_{k2} - F_{f2} - F_{qt} \cdot \cos \beta + F_{lt} \cdot \sin \beta \dots - F_{\omega} - F_{f1} \cdot \cos \delta - F_{y1} \cdot \sin \delta = 0 \quad (1)$$

Phương trình cân bằng lực theo phương y :

$$F_{y2} - F_{qt} \cdot \sin \beta - F_{lt} \cdot \cos \beta - F_{f1} \cdot \sin \delta \dots + F_{y1} \cdot \cos \delta = 0 \quad (2)$$

Cộng hai phương trình (1) và (2) theo phương x và theo phương y, xét trường hợp ô tô chuyển động đều ($v = \text{const}$)

$$\begin{aligned} &F_{lt}(\sin\beta - \cos\beta) + F_{y1}(\cos\delta - \sin\delta) \dots \\ &- F_{f1}(\cos\delta + \sin\delta) + F_{k2} - F_{f2} \dots \\ &- F_{\omega} + F_{y2} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Phương trình mômen tại trọng tâm C [4]:

$$\begin{aligned} &F_{y2}.b - F_{y1}.a.\cos\delta + F_{f1}.a.\sin\delta \dots \\ &+ M_{f1} + M_{f2} + M_{z1} + M_{z2} + I_z \ddot{\psi} = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

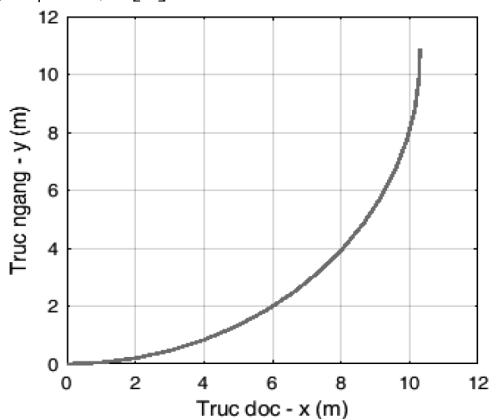
Từ phương trình (3) và (4) được biến đổi như sau [4]:

$$\beta = \frac{-1}{mv(\sin\beta - \cos\beta)} [F_{y1}(\cos\delta - \sin\delta) \dots] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} &-F_{f1}(\cos\delta + \sin\delta) + F_{k2} - F_{f2} + F_{y2} \dots \\ &\ddot{\psi} = \frac{1}{I_z} [F_{y1}.a.\cos\delta - F_{f1}.a.\sin\delta \dots \\ &- F_{y2}.b - M_{f1} - M_{f2} - M_{z1} - M_{z2}] \end{aligned} \quad (6)$$

3. Khảo sát quỹ đạo chuyển động của ô tô

Trong nội dung khảo sát này, tác giả khảo sát vận tốc chuyển động của xe là 30km/h, góc đánh lái có giá trị $\delta=25^\circ$ khi xe chuyển động trên đường có hệ số bám dọc $\varphi = 0,8$ [5].



Hình 2: Quỹ đạo chuyển động của ô tô

Kết quả khảo sát khi ô tô di chuyển với vận tốc 30 km/h trên đường có hệ số bám

0,8 và góc đánh lái là 25° cho thấy bán kính quay vòng của ô tô có giá trị:

$$R_0 = \frac{L}{\tan\beta} = 8,23m$$

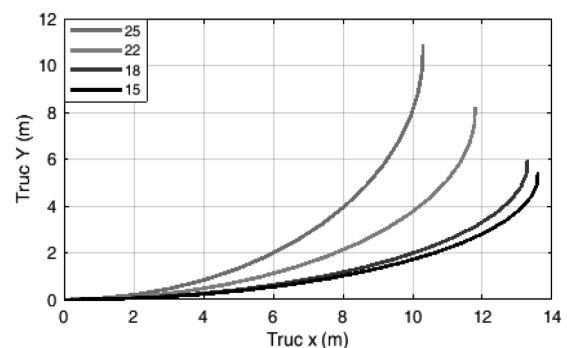
Trong khi bán kính quay vòng thực tế của xe là:

$$R = \frac{L}{\tan(\beta - \alpha_1) + \tan\alpha_2} = 8,47m$$

Do đó trường hợp này ô tô có xu hướng quay vòng thiếu, nguyên nhân là do trong thiết kế và tính toán bỏ qua sự ảnh hưởng của biến dạng của lốp, bỏ qua ảnh hưởng của lực gió ngang, bỏ qua ảnh hưởng của góc lệch hướng cho nên quan hệ giữa các thông số chỉ là quan hệ hình học thông thường.

3.1. Khi thay đổi góc đánh lái

Khi thay đổi góc đánh lái, khi đó quỹ đạo chuyển động của ô tô sẽ thay đổi theo. Trong nghiên cứu này, tác giả khảo sát ảnh hưởng của góc đánh lái đến quỹ đạo chuyển động của ô tô. Kết quả khảo sát khi xe chuyển động tương ứng với góc đánh lái là $25^\circ, 22^\circ, 18^\circ, 15^\circ$. Kết quả khảo sát khi xe di chuyển trên đường có hệ số bám tốt ($\varphi = 0,8$), vận tốc khảo sát là 30 km/h.

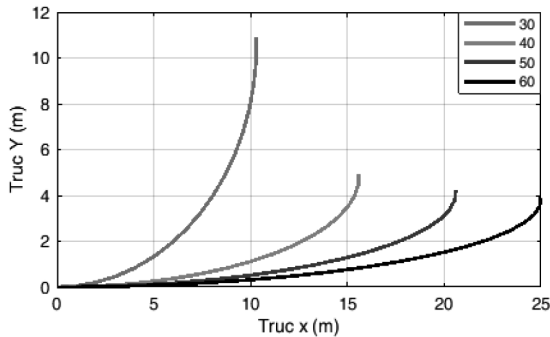


Hình 3: Quỹ đạo chuyển động của ô tô khi thay đổi góc đánh lái

Khi thay đổi góc đánh lái, quỹ đạo chuyển động của xe sẽ khác nhau. Với góc đánh lái càng lớn, bán kính quay vòng của xe càng thấp, tính năng cơ động của xe tăng nhưng lực ly tâm của xe tăng lên, làm mất tính ổn định của ô tô.

3.2. Khi thay đổi vận tốc chuyển động

Khảo sát quỹ đạo chuyển động của ô tô với góc đánh lái $\delta=20^\circ$ xe chuyển động trên cùng một loại đường với hệ số bám $\varphi=0,8$, thay đổi tốc độ xe khác nhau $v=30\text{km/h}$, $v=40\text{km/h}$, $v=50\text{km/h}$, $v=60\text{km/h}$. Kết quả khảo sát được mô tả bên dưới.



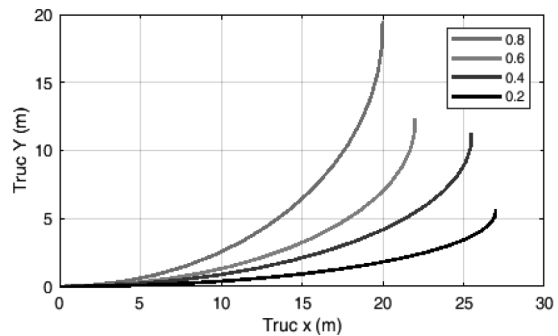
Hình 4: Quỹ đạo chuyển động của ô tô khi thay đổi vận tốc chuyển động

Khi thay đổi vận tốc chuyển động của xe đồng thời giữ nguyên các thông số đầu vào khảo sát (góc đánh lái là 25° , hệ số bám dọc giữa bánh xe với mặt đường là $0,8$), vận tốc của xe thay đổi từ 30km/h , 40km/h , 50km/h , 60km/h ứng với mỗi đường vận tốc là biểu diễn một quỹ đạo chuyển động khác nhau, ở tốc độ càng cao thì bán kính quay vòng càng lớn làm cho xe khó chuyển động ổn định khi quay vòng. Khi tốc độ tăng lên kéo theo gia tốc hướng tâm của xe tăng lên ứng với mỗi vận tốc sẽ có một giá trị giới hạn mà ở đó ô tô sẽ bị trượt làm mất ổn định hay mất tính dẫn hướng phụ thuộc vào chiều tác dụng của lực ly tâm so với lực ngang. Trường hợp gia tốc hướng tâm tăng làm lực ly tâm tăng lên làm cho phản lực ngang của các bánh xe lớn hơn giá trị lực bám ngang lúc này xe sẽ bị trượt ngang làm mất tính ổn định của xe.

3.3. Khi thay đổi hệ số bám giữa bánh xe với mặt đường

Tiến hành khảo sát với góc đánh lái $\delta=20^\circ$ khi xe chuyển động trên đường với vận tốc 40 km/h , đồng thời thay đổi hệ số bám dọc giữa

bánh xe với mặt đường, giá trị hệ số bám dọc thay đổi như sau: $\varphi = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$.

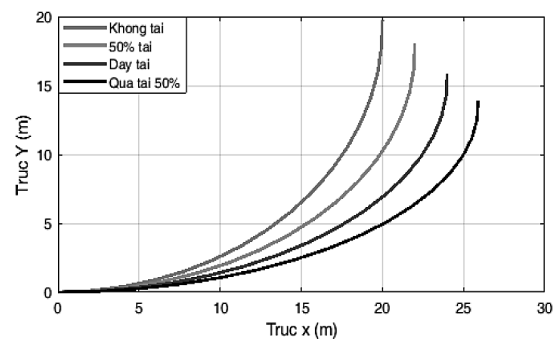


Hình 5: Quỹ đạo chuyển động của ô tô khi thay đổi hệ số bám

Kết quả khảo sát trường hợp xe quay vòng với cùng góc đánh lái, cùng vận tốc chuyển động, cùng tải trọng nhưng khi thay đổi hệ số bám dọc giữa lốp xe với mặt đường thì quỹ đạo chuyển động của ô tô thay đổi. Khi hệ số bám dọc giữa lốp xe với mặt đường giảm xuống thì bán kính quay vòng của ô tô tăng lên do khi quay vòng trên ô tô xuất hiện lực ly tâm, lực này có xu hướng đẩy ô tô ra xa tâm quay vòng.

3.4. Khi thay đổi tải trọng của xe

Trường hợp khảo sát tiếp theo là tác giả khảo sát khi thay đổi tải trọng của xe, tải trọng tương ứng với trường hợp xe không tải, xe chở 50% tải, xe chở 100% tải và xe chở quá tải 50%. Các thông số khảo sát gồm góc đánh lái $\delta=20^\circ$, hệ số bám dọc giữa bánh xe với mặt đường là $0,7$, vận tốc chuyển động của xe là 30 km/h .



Hình 6: Quỹ đạo chuyển động của ô tô khi thay đổi tải trọng

Kết quả khảo sát trường hợp xe quay vòng với cùng góc đánh lái, cùng vận tốc chuyển động, cùng hệ số bám nhưng khi thay đổi tải trọng thì quỹ đạo chuyển động của ô tô thay đổi. Khi tải trọng của xe tăng lên thì bán kính quay vòng của ô tô tăng lên do khi quay vòng trên ô tô xuất hiện lực ly tâm tăng lên, lực này có xu hướng đẩy ô tô ra xa tâm quay vòng.

4. Kết luận

Các kết quả khảo sát cho thấy đối với cùng một xe, khi xe di chuyển cùng tốc độ trên đường có hệ số bám khác nhau sẽ làm thay đổi bán kính quay vòng của xe, tức thay đổi quỹ đạo chuyển động của xe. Khi

di chuyển trên cùng loại đường với cùng vận tốc, tải trọng và hệ số bám thì góc đánh lái càng lớn thì bán kính quay vòng càng nhỏ; khi xe di chuyển trên đường với cùng góc đánh lái và hệ số bám nhưng khi tốc độ của xe hoặc tải trọng của xe tăng lên thì bán kính quay vòng của ô tô lớn hơn khi ô tô chuyển động với tốc độ nhỏ; khi xe quay vòng với cùng tốc độ, cùng góc đánh lái, cùng tải trọng nhưng trên đường có hệ số bám nhỏ hơn thì bán kính quay vòng của xe tăng lên. Các kết quả khảo sát đạt được phản ánh thực tế kết quả nghiên cứu lý thuyết đã chọn mô hình khảo sát phù hợp với nội dung nghiên cứu [6] [7] [8].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Hữu Cần, Dư Quốc Thịnh, Phạm Minh Thái, Nguyễn Văn Tài, Lê Thị Vàng, (2005), *Lý thuyết ô tô*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.
- [2]. Nguyễn Trọng Hoan, Lê Anh Tuấn, 2019. *Nghiên cứu hiện tượng trượt ngang các bánh xe của cụm cầu sau ô tô chuyên dùng khi quay vòng*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 12, trang 58-63
- [3]. Uông Hoàng Trí, (2014), *Nghiên cứu động lực học quay vòng của ô tô 2 cầu chủ động 4x4 trên đường bám kém*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.
- [4]. Cao Hùng Phi, Vũ Đức Lập, Nguyễn Thái Vân, (2019), *Kết cấu và tính toán ô tô*, Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ.
- [5]. Tạ Tuấn Hưng, (2017), *Nghiên cứu giới hạn ổn định lật ngang của đoàn xe sơ mi rơ moóc khi quay vòng ổn định*, Luận án tiến sĩ, trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Trọng Hoan, Trần Phúc Hòa, (2021), *Nghiên cứu động học và động lực học quay vòng của ô tô tải chuyên dụng ba trục*, Tạp chí khoa học và Công nghệ, trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [7]. Lê Đức Hiếu, (2007), *Đặc tính quay vòng của xe du lịch*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [8]. Bùi Tuấn Vũ, (2008), *Nghiên cứu động lực học chuyển động thẳng của xe nhiều cầu chủ động*, Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh.