NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ ĐẾN KHẢ NĂNG LẬT NGANG CỦA Ô TÔ KHI QUAY VÒNG

EFFECTS OF SOME FACTORS ON THE ROLLOVER PROPENSITY OF A CAR ON A BANKED TURN

TS. **Nguyễn Văn Trà**, ThS. **Vũ Mạnh Dũng**
Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày cơ sở xây dựng mô hình khảo sát ổn định ngang của ô tô khi quay vòng đều trên đường nghiêng ngang, có kể đến ảnh hưởng của các phần tử trong hệ thống treo và lốp. Mô hình được mô phỏng bằng phần mềm MATLAB-Simulink và kết quả được đánh giá thông qua chỉ số lật ngang, vận tốc ô tô khi bắt đầu xảy ra lật ngang.

Từ khóa: *Ổn định ngang; Lật ngang; Quay vòng; Chỉ số lật ngang.*

ABSTRACT

This article presents the establishment of a half car model in order to study the effects of tire, suspension's characteristics on horizontal stability (rollover propensity) of a car in steady state cornering on a banked turn. The model is simulated in MATLAB-Simulink software and the results are evaluated through the rollover index and the maximum velocity which does not cause a rollover.

Keywords: *Horizontal stability, Rollover, Cornering, Rollover Index.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô tô là một trong những phương tiện giao thông phổ biến trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng. Đi kèm với điều đó là tai nạn giao thông có liên quan đến ô tô cả về số lượng và mức độ nghiêm trọng luôn ở mức cao. Nguyên nhân gây ra các vụ tai nạn giao thông có thể là: Người lái, tình trạng kỹ thuật của ô tô hoặc điều kiện môi trường. Trong số nguyên nhân do tình trạng kỹ thuật ô tô thì nguyên nhân gây mất ổn định ngang chiếm tỷ lệ khá lớn, thường gây hậu quả nghiêm trọng về tài sản và con người.

Mất ổn định ngang có thể xảy ra khi ô tô chuyển động trên đường gồ ghề nghiêng ngang, khi ô tô chuyển động quay vòng, chuyển làn hoặc trong trạng thái có dao động ngang lớn. Do đó, ổn định ngang của ô tô cần được nghiên cứu một cách nghiêm túc và kỹ lưỡng.

Các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước [2], [4] về ổn định ngang hầu hết coi ô tô là một vật rắn tuyệt đối, bỏ qua ảnh hưởng của các phần tử trong hệ thống treo. Bài báo này trình bày cơ sở xây dựng mô hình khảo sát ổn định ngang của ô tô khi quay vòng đềutrên đường nghiêng ngang, có kể đến ảnh hưởng của các phần tử tronghệ thống treo và được đánh giá thông qua chỉ số lật ngang, vận tốc giới hạn lật ngang. Nghiên cứu thành công vấn đề trên là cơ sở tham khảo khi phân tích, đánh giá nguyên nhân của các vụ tai nạn liên quan đến mất ổn định ngang,đồng thời góp phần hoàn thiện kết cấu tăng cường ổn định ngang của ô tô.

2. CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG LẬT NGANG CỦA Ô TÔ

Bài báo sẽ đề cập đến một khía cạnh của sự mất ổn định ngang của ô tô là hiện tượng lật ngang - một trong những nguyên nhân hàng đầu gây nên tai nạn nguy hiểm đến tính mạng con người và tổn thất về tài sản [2]. Theo [3], sử dụng đại lượng R_1 - chỉ số lật ngang là một đại lượng thay đổi theo thời gian, để đánh giá khả năng lật ngang của ô tô.

Phương pháp thường được sử dụng để xác định RI là căn cứ vào lực động (theo phương thẳng đứng) của bánh xe bên trái R_T và bên phải R_P theo thời gian, tính toángiá trị của $_{RI}$ theo công thức (1).

$$RI = \frac{R_T - R_P}{R_T + R_P} \quad (1)$$

Khi xe chuyển động quay vòng có sự lắc ngang, giá trị lực động ở bánh xe ở phía lưng của khúc cua sẽ tăng lên, đồng thời giá trị lực động ở bánh xe phía bụng của khúc cua sẽ giảm đi. Khi góc lắc ngang của phần treo - thân xe đủ lớn, giá trị lực động ở bánh xe phía bụng của khúc cua bằng không dẫn đến bánh xe tách khỏi mặt đường, xe có xu hướng lật ngang. Tại thời điểm đó, giá trị $R_1 = \pm 1$. Khi các bánh xe vẫn tiếp xúc với mặt đường, giá trị của R_1 trong khoảng (-1;1).

3. MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH NGANG CỦA Ô TÔ

Nguyên nhân chính gây mất ổn định ngang của ô tô khi quay vòng là do ảnh hưởng của các lực ngang. Các lực này ngoài thành phần chính là lực ly tâm còn có các lực do gió, dao động lắc ngang. Tuy nhiên, các lực do gió là khá bé. Mặt khác, ổn định ngang là bài toán lớn và phức tạp: Tọa độ trọng tâm ô tô luôn thay đổi, đặc tính các phần tử đàn hồi và giảm chấn của hệ thống treo và lốp là phi tuyến, điều kiện đường có tính ngẫu nhiên...

3.1. Các giả thiết

Trên cơ sở phân tích ở trên, để xây dựng mô hình nghiên cứu ổn định ngang cần một số giả thiết, cụ thể là: (i)Về đối tượng nghiên cứu: Mô hình dao động trong mặt phẳng ngang, đi

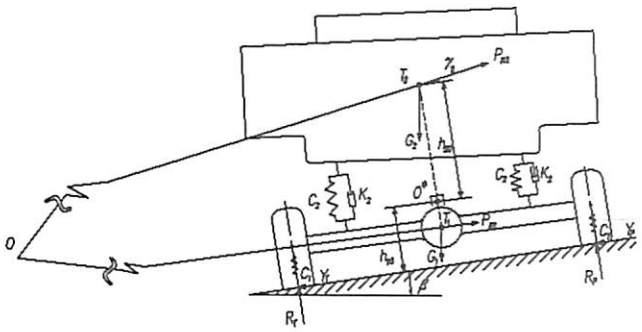
qua đường tâm trục cầu sau của ô tô hai cầu với hệ thống treo phụ thuộc. Coi khung xe là cứng tuyệt đối. Coi các khối lượng treo và không treo là khối lượng tập trung trên mặt phẳng ngang đặt tại các trọng tâm T_2 và T_1 tương ứng. Bỏ qua sự dời trọng tâm của các khối lượng kể trên theo phương ngang. Đặc tính các phần tử đàn hồi và giảm chấn là tuyến tính. Bỏ qua sự biến dạng bên của lốp. (ii) Ô tô ở trạng thái quay vòng đều với vận tốc dọc không đổi. Bánh xe với đường luôn tiếp xúc điểm. (iii) Về điều kiện đường: Mặt đường đồng nhất, bằng phẳng, cứng tuyệt đối, có góc nghiêng ngang là β.

3.2. Mô hình nghiên cứu ổn định ngang của ô tô khi quay vòng

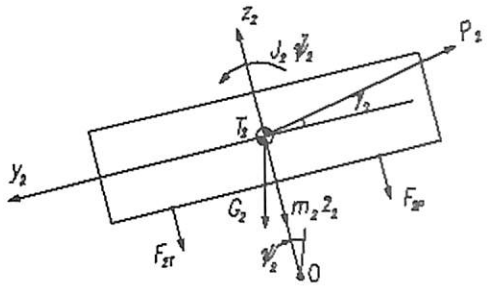
Từ giả thiết xây dựng mô hình như trong hình 1 để khảo sát.

Để thuận lợi cho quá trình tính toán, bài báo sử dụng phương pháp tách riêng khối lượng treo và không treo. Khi đó sơ đồ lực tác dụng lên phần treo và không treo được biểu diễn như hình 2.

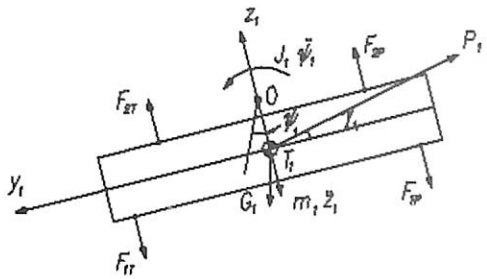
Trong đó, G_1: Trọng lượng khối lượng không treo; G_2: Trọng lượng khối lượng treo; F_{1T}: Phản lực tại vị trí lốp bên trái ($F_{1T} = R_T$); F_{1P}: Phản lực tại vị trí lốp bên phải ($F_{1P} = R_P$); F_{2T}: Lực liên kết hệ thống treo bên trái; F_{2P}: Lực liên kết hệ thống treo bên phải; P_1: Lực ngang tác dụng lên khối lượng không treo; P_2: Lực ngang tác dụng lên khối lượng treo; $J_2.\ddot{\psi}_2$: Mô men quán tính khối lượng phần treo; $J_1.\ddot{\psi}_1$: Mô men quán tính khối lượng phần không treo; $m_2.\ddot{z}_2$: Lực quán tính tác dụng lên phần treo; $m_1.\ddot{z}_1$: lực quán tính tác dụng lên phần không treo.



Hình 1. Mô hình khảo sát ổn định ngang của ô tô khi quay vòng



a)



b)

Hình 2. Sơ đồ lực tác dụng lên phần treo và phần không treo: a) Phần treo; b) Phần không treo

Áp dụng nguyên lý D'Alembert, đặt các lực và mô men quán tính vào cơ hệ khảo sát, viết phương trình cân bằng lực, mô men được hệ phương trình thể hiện mô hình toán khảo sát ổn định lật ngang của ô tô khi quay vòng (2).

$$\begin{cases} -m_2\ddot{z}_2 - F_{2T} - F_{2P} + P_2.\sin\gamma_2 = 0 \\ -J_2\ddot{\psi}_2 + P_2\cos\gamma_2 h_{20}\cos(\psi_2 - \beta) + (m_2 g - P_2.\sin\gamma_2)\sin(\psi_2 - \beta)h_{20} - \\ \quad -(F_{2T} - F_{2P}).b_2 = 0 \\ -m_1\ddot{z}_1 + F_{2T} + F_{2P} - F_{1T} - F_{1P} + P_1.\sin\gamma_1 = 0 \\ -J_1\ddot{\psi}_1 + P_1\cos\gamma_1 h_{10}\cos(\psi_1 - \beta) + (m_1 g - P_1.\sin\gamma_1)\sin(\psi_1 - \beta)h_{10} + \\ \quad +(F_{2T} - F_{2P}).b_2 - (F_{1T} - F_{1P}).b_1 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Khi tính toán, các thành phần chuyển vị của trọng tâm thân xe, trọng tâm cầu xe theo phương thẳng đứng: z_2, z_1 chỉ thay đổi trong khoảng xác định vì trong kết cấu hệ thống treo có các vấu hạn chế biên độ dao động và giảm các va đập cứng để tránh hư hỏng cho hệ thống.

Đối với chuyển dịch của phần không treo z_1: Nếu bánh xe phía gần tâm quay vòng tách khỏi mặt đường, tức là $z_1>z_0+f_L$ thì lấy hạn chế $z_1=z_0+f_L$. Khi đó, nếu vận tốc dịch chuyển của cầu sau còn có chiều dương (hướng lên trên) ($\dot{z}_1 > 0$) thì lấy hạn chế $\dot{z}_1 = 0$.

Đối với chuyển dịch của phần treo z_2: Nếu bánh xe phía gần tâm quay vòng tách khỏi mặt đường hay $z_2>z_0+f_L+f_p$ thì lấy hạn chế $z_2=z_0+f_L+f_p$; nếu lúc này vị trí của phần treo còn tiếp tục dịch chuyển lên trên ($\dot{z}_2 > 0$) thì lấy hạn chế $\dot{z}_2 = 0$. Nếu $z_2<q_2-z_{max}$ (trường hợp cầu xe chạm vào vấu hạn chế hành trình) thì lấy hạn chế $z_2=z_0-z_{max}$; nếu lúc này vị trí của phần treo còn tiếp tục dịch chuyển xuống dưới ($\dot{z}_2 < 0$) thì lấy hạn chế $\dot{z}_2 = 0$.

Từ giả thiết, bánh xe luôn bám đường thì sự lật ngang ô tô bắt đầu xảy ra khi bánh xe bên phía gần tâm quay vòng bị tách khỏi mặt đường. Khi đó phản lực từ mặt đường tác dụng lên lốp ở phía tách bánh bằng 0. Giả sử lật sang bên phải, khi đó các giá trị F_{1T} trong hệ phương trình (2) sẽ bằng 0.

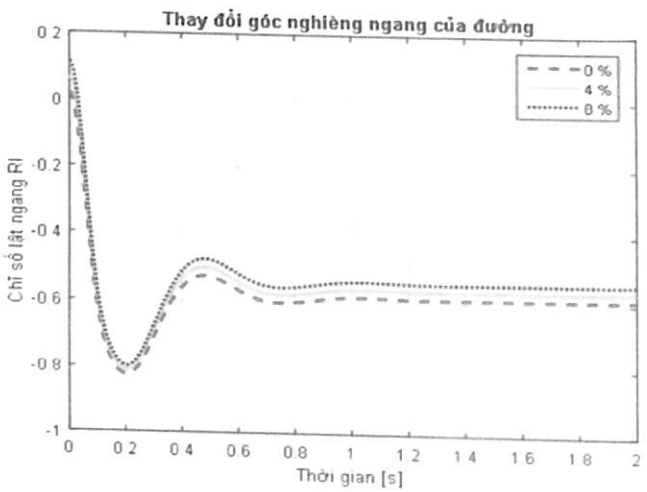
Chỉ số lật ngang sẽ được xác định theo công thức (3).

$$RI = \frac{J_2\ddot{\psi}_2 + (m_2 g\sin\beta - P_2\cos\gamma_2)h_2 + J_1\ddot{\psi}_1 + (m_1 g\sin\beta - P_1\cos\gamma_1)h_1}{(m_2 g\cos\beta - P_2\sin\gamma_2)(b_1+b_0) + (m_1 g\cos\beta - P_1\sin\gamma_1)(b_1+b_0)} \quad (3)$$

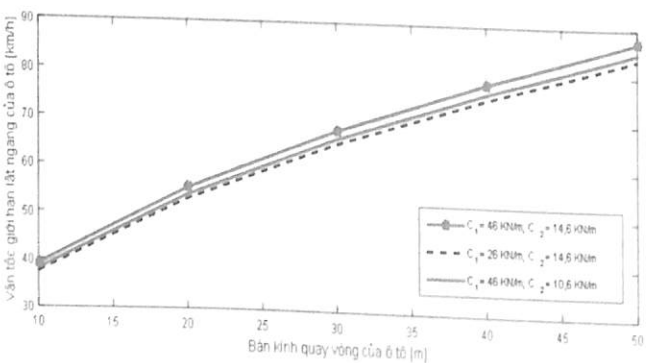
Giải hệ phương trình (2) bằng phương pháp số, ứng dụng phần mềm MATLAB - Simulink [1] để mô phỏng ô tô chuyển động quay vòng đều trên đường, lấy chỉ số lật ngang là cơ sở để xét khả năng lật ngang của ô tô.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

Kết quả nghiên cứu là các đồ thị mô phỏng với số liệu đầu vào là bộ thông số của ô tô ГАЗ – 66. Hình 3 thể hiện sự ảnh hưởng của góc nghiêng ngang mặt đường đến khả năng lật ngang của ô tô khi quay vòng ở tốc độ 36 km/h với bán kính quay vòng nhỏ nhất. Đồ thị hình 4, biểu diễn quan hệ giữa bán kính quay vòng và vận tốc ô tô khi bắt đầu xảy ra lật ngang (vận tốc giới hạn lật ngang) khi thay đổi giá trị các phần tử đàn hồi, giảm chấn.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của góc nghiêng ngang của đường đến chỉ số lật ngang



Hình 4. Đồ thị quan hệ giữa vận tốc giới hạn lật ngang và bán kính quay vòng

Từ kết quả thể hiện trên hình 3 có thể nhận xét: Khi ô tô quay vòng thì góc nghiêng ngang của đường càng lớn, khả năng ổn định lật ngang càng cao. Tuy nhiên, khả năng trượt ngang cũng càng lớn. Nếu góc nghiêng ngang quá lớn còn có thể xảy ra hiện tượng lật tĩnh.

Đồ thị hình 4, được khảo sát ở chế độ giới hạn lật ngang cho thấy: Với bán kính quay vòng càng nhỏ, khả năng lật ngang của ô tô càng cao ngay cả khi ở vận tốc thấp. Độ cứng của treo và lốp càng nhỏ thì khả năng lật ngang càng cao.

5. KẾT LUẬN

Bằng cách xây dựng mô hình khảo sát có kể đến tác động của các phần tử đàn hồi, giảm chấn, bằng phương pháp tách ô tô thành phần treo và không treo, từ đó lập hệ phương trình vi phân tính toán, trên cơ sở đó mô phỏng được đồ thị mối quan hệ giữa các thông số kết cấu của hệ thống treo, lốp và góc nghiêng ngang mặt đường với tính ổn định ngang của ô tô khi quay vòng. Kết quả này khác biệt so với phương pháp coi ô tô là một vật rắn, có thể tham khảo để đánh giá nguyên nhân tai nạn cũng như tham khảo để hoàn thiện kết cấu, nâng cao tính ổn định ngang của ô tô.❖

Ngày nhận bài: **14/4/2016**
Ngày phản biện: **18/5/2016**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Nguyễn Phúc Hiểu, Nguyễn Văn Trà, Võ Quốc Đại (2004);*"Khảo sát dao động ô tô bằng phần mềm Matlab-Simulink"*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học lần thứ V, Viện Kỹ thuật Cơ giới Quân sự, Hà Nội.
[2].Trần Văn Như, Nguyễn Văn Bang, Nguyễn Thành Công, Đặng Việt Hà (2015), *"Khảo sát ổn định lật ngang ô tô khách giường nằm hai tầng"*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ (số 27.2015), 203-206.
[3]. A. Hac (2002), *"Rollover Stability Index Including Effects of Suspension Design"*, SAE Technical Paper Series, 2002-01-0965.
[4]. R. Whitehead, W. Travis, D.Bevly, G. Flowers (2004), *"A Study of the Effect of Various Vehicle properties on Rollover Propensity"*, Auburn University, USA.