

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TCS ĐẾN KHẢ NĂNG TĂNG TỐC CỦA Ô TÔ BÁN TẢI

STUDY ON THE EFFECT OF TCS ON THE ACCELERATION CAPABILITY OF PICKUP TRUCKS

PHẠM MINH TUẤN^{1,a}, NGUYỄN THANH TÙNG¹

¹Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Vĩnh Long

^aTác giả liên hệ: phammminhtuan.ux89@gmail.com

Nhận bài(Received): 15/11/2024; Phản biện(Reviewed): 24/12/2024; Chấp nhận(Accepted): 03/01/2025

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của TCS đến khả năng tăng tốc của ô tô bán tải khi bắt đầu tăng tốc từ 0 trên điều kiện mặt đường ướt với hàm hệ số bám mặt đường theo công thức Pacejka. Trong nghiên cứu này tác giả đã sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật Muti-Body System (MBS) để thiết lập mô hình động lực học không gian ô tô bán tải, sử dụng phương pháp Newton-Euler để xây dựng hệ phương trình dao động của ô tô bán tải và sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát ảnh hưởng của TCS đến khả năng tăng tốc của ô tô bán tải. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi ô tô bán tải bắt đầu tăng tốc trên điều kiện mặt đường ướt hệ thống TCS giúp làm giảm độ trượt ở bánh xe chủ động và duy trì hệ số trượt ở mức tối ưu với giá trị 0.3, từ đó ô tô bán tải tăng tốc với gia tốc và vận tốc ổn định hơn so với ô tô bán tải không sử dụng TCS.

Từ khóa: Ô tô bán tải, TCS, khả năng tăng tốc, hệ số trượt.

ABSTRACT

The article presents the research results on the impact of the TCS on the acceleration capability of a pickup truck starting from 0 on a wet road surface, considering the road adhesion coefficient based on the Pacejka formula. In this study, the author utilized the Multi-Body System (MBS) structure decomposition method to establish a spatial dynamic model of the pickup truck, applied the Newton-Euler method to formulate the system of oscillation equations for the vehicle, and used Matlab-Simulink software to analyze the influence of TCS on the pickup truck's acceleration capability. The research results show that when the pickup truck begins to accelerate on a wet road surface, the TCS reduces the slip of the driven wheels and maintains the slip coefficient at an optimal level of 0.3, enabling the pickup truck to accelerate with more stable acceleration and velocity compared to a pickup truck without TCS.

Keywords: Pickup truck, TCS, acceleration capability, slip coefficient.

1. Đặt vấn đề

Trên ô tô hệ thống TCS là một hệ thống an toàn, đóng vai trò quan trọng trong việc giúp xe bám đường tốt hơn và chống trượt khi tăng tốc hay đi trên đường trơn trượt ở

tốc độ thấp [1].

Trong các nghiên cứu nhóm tác giả Trần Gia Khiêm, Nguyễn Văn Nhiên, có tiêu đề “Nghiên cứu mô phỏng hoạt động của hệ thống kiểm soát lực kéo (Traction

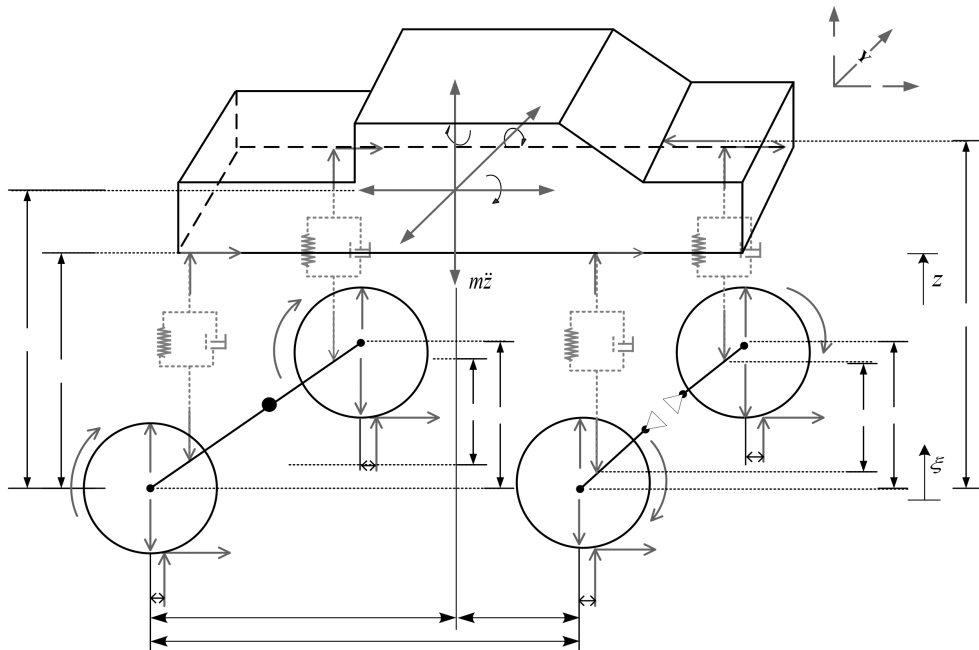
Control System – TCS) trên ô tô khi tăng tốc”, kết quả của nghiên cứu cho thấy được những ảnh hưởng tích cực của hệ thống kiểm soát lực kéo đến quá trình tăng tốc của ô tô so với phương tiện không trang bị hệ thống này [2]. Nhóm tác giả Đồng Minh Tuấn, Khổng Văn Nguyên, với tiêu đề “*Nghiên cứu và ứng dụng phần mềm Matlab-stateflow mô phỏng bộ ecu điều khiển điện tử hệ thống điều khiển lực kéo TCS trên xe ô tô du lịch*”, kết quả bước đầu cho thấy với một số chế độ làm việc của TCS thì các thông số mô men động cơ, áp suất phanh, độ trượt được ECU điều khiển có kết quả phù hợp với đường đặc tính thực tế của hệ thống [3] và nhóm tác giả K.Yamada, M.Hashiguchi và M.Ito, với tiêu đề “*Traction control system - simulation analysis of the control system*”, nghiên cứu kết luận rằng độ ổn định của bộ điều khiển có thể được cải thiện bằng cách điều chỉnh các hệ số điều khiển và hơn nữa, việc sử dụng phanh có hiệu quả tốt để ngăn bánh xe trượt quay quá mức.

Nhìn chung, các đề tài nghiên cứu về

TCS cho thấy được những tác động tích cực và tầm quan trọng của hệ thống này với phương tiện giao thông hiện nay, tuy nhiên việc nghiên cứu những ảnh hưởng của TCS đến khả năng tăng tốc của ô tô bán tải trong các trường hợp cụ thể khi bắt đầu tăng tốc trên các loại mặt đường khác nhau vẫn còn hạn chế. Mục tiêu của nghiên cứu này là lập một hình mô phỏng động lực học tăng tốc của ô tô bán tải và khảo sát những ảnh hưởng của TCS đến khả năng tăng tốc của ô tô bán tải trong điều kiện mặt đường ướt với hàm hệ số bám mặt đường theo công thức Pacejka. Trong bài báo này, tác giả đã tiến hành khảo sát ô tô bán tải Toyota Hilux 2020 cầu sau chủ động khi bắt đầu tăng tốc trên điều kiện mặt đường ướt.

2. Mô hình động lực học

Nghiên cứu này lập mô hình động lực học ô tô bán tải Toyota Hilux 2020 sử dụng hệ thống treo trước độc lập và hệ thống treo sau phụ thuộc. Nhóm tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật MBS để thiết lập mô hình động lực học của ô tô bán tải như hình 1 [5] [6].



Hình 1. Mô hình động lực học không gian ô tô bán tải

Trong đó:

- $Oxyz$: hệ tọa độ cố định.
- c : trọng tâm của khối lượng được treo.
- m_c : khối lượng được treo quy về tâm C (kg).
- z : chuyển vị theo phương thẳng đứng của trọng tâm khối lượng được treo (m).
- φ_c : góc lắc dọc của thân xe theo trục Y (rad).
- β_c : góc lắc ngang của thân xe theo trục X (rad).
- ξ_{ij} : chuyển vị thẳng đứng của trọng tâm khối lượng không được treo trước (m).
- C_{ij} : độ cứng của phần tử đàn hồi hệ thống treo (N/m).
- K_{ij} : hệ số cản giảm chấn của hệ thống

treo (Ns/m).

- C_{Lij} : độ cứng hướng kính của lớp thứ ij (N/m).

- L : chiều dài cơ sở của xe (m).

Với i là số cầu, $i = 1$ (cầu trước); $i = 2$ (cầu sau); j là trái phải, $j = 1$ (bên trái); $j = 2$ (bên phải).

Như vậy, mô hình của xe ô tô bán tải sẽ có 7 bậc tự do bao gồm: 3 bậc tự do mô tả chuyển động của thân xe (z, φ_c, β_c), 4 bậc tự do mô tả dao động khối lượng không được treo tại 4 bánh xe ($\xi_{11}, \xi_{12}, \xi_{21}, \xi_{22}$). Các tác giả sử dụng phương trình Newton-Euler để xây dựng hệ phương trình động lực học dao động ô tô được thể hiện qua các phương trình từ (1) đến (10) [5] [6].

Phương trình vi phân chuyển động tịnh tiến theo phương x :

$$m\ddot{x} = F_{x11} + F_{x12} + F_{x21} + F_{x22} - F_{wx} - f \cdot F_G \cos \theta - F_G \sin \theta \quad (1)$$

Phương trình chuyển động tịnh tiến theo phương thẳng đứng của thân xe:

$$m\ddot{z} = F_{C11} + F_{K11} + F_{C12} + F_{K12} + F_{C21} + F_{K21} + F_{C22} + F_{K22} \quad (2)$$

Phương trình chuyển động tịnh tiến theo phương thẳng đứng của khối lượng không được treo:

$$m_{ij}\ddot{\xi}_{ij} = -(F_{Kij} + F_{Cij}) + F_{CLij} \quad (3)$$

Phương trình xác định góc xoay thân xe quanh trục OZ :

$$J_{zC} \cdot \ddot{\psi}_C = (F_{x11} \cdot \sin \delta_{11} + F_{x12} \cdot \sin \delta_{12} + F_{y11} \cdot \cos \delta_{11} + F_{y12} \cdot \cos \delta_{12}) \cdot l_1 + (F_{x22} - F_{x21}) \cdot w_2 + (F_{x12} \cdot \cos \delta_{12} - F_{x11} \cdot \cos \delta_{11} + F_{y11} \cdot \sin \delta_{11} - F_{y12} \cdot \sin \delta_{12}) \cdot w_1 - (F_{y21} + F_{y22}) \cdot l_2 \quad (4)$$

Phương trình chuyển động quay của bánh xe quanh trục y :

$$J_{yij} \ddot{\phi}_{yij} = M_{Aij} - M_{Bij} - M_{Rij} = M_{Aij} - M_{Bij} - F_{zij} e_{xij} \quad (5)$$

Các tải trọng thẳng đứng F_{zij} được xác định từ tải trọng động. Giả sử xe tăng tốc trên đường bằng với gia tốc $\ddot{x}$, lực quán tính $m\ddot{x}$ gây ra thay đổi tải trọng ở các xe:

$$F_x = m_0 \ddot{x} \quad (6)$$

Phương trình phản lực ở bánh xe:

$$F_{zij} = F_{G0} \frac{l_{1,2}}{l} \pm F_{G0} \frac{h_2}{l} \frac{\ddot{x}}{g} \quad (7)$$

Trong đó, F_z phụ thuộc vào các yếu tố như mấp mô mặt đường, độ nghiêng mặt đường, gió, lực quán tính ly tâm khi tăng tốc, khi phanh hoặc quay vòng. Để tăng tốc, ta phải tạo ra lực tương tác lớp đường bằng cách cung cấp mô men tại bánh xe. Lực kéo tiếp tuyến F_x tỷ lệ với lực pháp tuyến F_z và hệ số bám dọc và được xác định theo công thức:

$$F_x = \mu F_z \quad (8)$$

Hệ số bám μ_x phụ thuộc vào các yếu tố như cấu trúc của lốp, bề mặt đường, hệ số trượt theo phương dọc.

Hệ số trượt dọc λ_{xij} của bốn bánh xe khi tăng tốc do biến dạng của lốp xe trên mặt đường. Khi tăng tốc, vận tốc chuyển động tịnh tiến của bánh xe lớn hơn vận tốc chuyển động tịnh tiến của ô tô ($r_{dij} \dot{\phi}_{ij} > \dot{x}$).

Hệ số trượt dọc ở bánh xe:

$$\lambda_{xij} = \frac{r_{dij} \dot{\phi}_{ij} - \dot{x}}{r_{dij} \dot{\phi}_{ij}} \quad (9)$$

Khi hệ số trượt nhỏ hơn 10% thì hệ số

$$\mu(\lambda) = D \cdot \sin \{ C \cdot \arctan [B \cdot \lambda - E \cdot (B \cdot \lambda - \arctan(B \cdot \lambda))] \} \quad (11)$$

Trong đó với mặt đường ướt ta có: B = 12 (là hệ số độ cứng), C = 2.3 (là hệ số hình dạng), D = 0.82 (là hệ số đỉnh), và E = 1 (là hệ số độ cong), λ là hệ số trượt của từng bánh xe [7].

Dựa vào hệ phương trình động lực học dao động của ô tô bán tải, tác giả xây dựng được mô hình mô phỏng dao động của ô tô bằng phần mềm Matlab-Simulink

bám dọc tuyến tính. Khi hệ số trượt gần bằng 20% thì hệ số bám dọc đạt cực đại. Khi hệ số trượt $20\% < \lambda_{xij} < 100\%$ thì hệ số bám dọc μ_x vượt qua cận cực đại, bánh xe bắt đầu bị trượt.

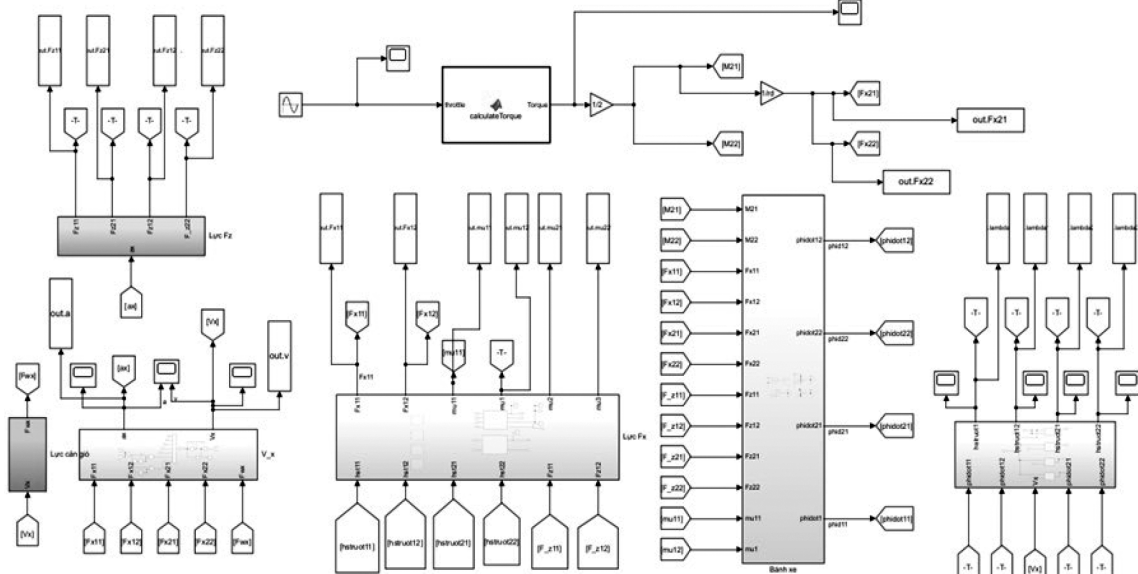
Trong khi đó, điều kiện cần và đủ để ô tô chuyển động là *lực kéo* $\leq$ *lực bám*. Bánh xe bắt đầu trượt đồng nghĩa với lực kéo ở bánh xe chủ động đạt tới giới hạn bám:

$$F_{x\max} > \mu F_z \quad (10)$$

Tác giả sử dụng công thức Pacejka để mô tả hệ số bám và mối quan hệ của nó với hệ số trượt dọc [7].

Ta có công thức:

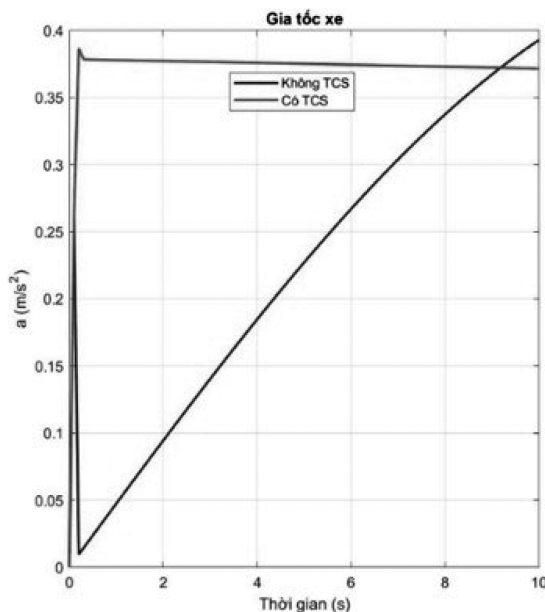
như hình 2. Sơ đồ này bao gồm các khối chức năng như: khối thân xe, khối bánh xe, khối phản lực F_z , khối lực cản không khí F_{wx} , khối tính hệ số bám và lực kéo tiếp tuyến F_x , khối tính hệ số trượt. Các khối này được liên kết với nhau qua các khối chức năng From và Goto, giúp dễ dàng quan sát và kiểm soát tính chính xác của chương trình mô phỏng.



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng động lực học tăng tốc ô tô bán tải

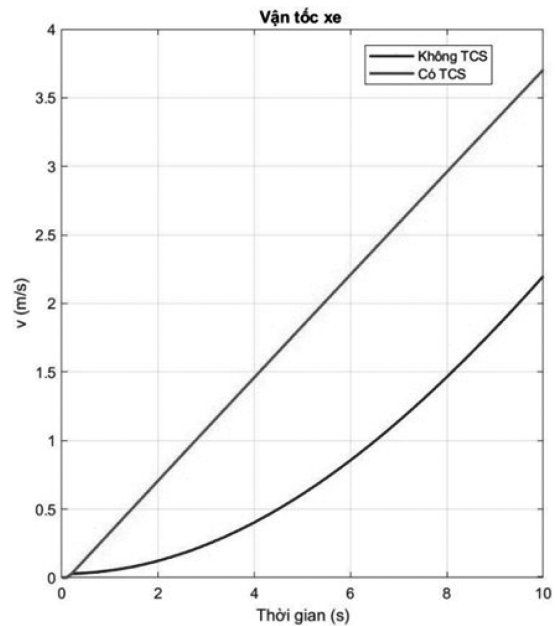
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát ảnh hưởng của TCS đến khả năng tăng tốc của ô tô bán tải Toyota Hilux 2020 cầu sau chủ động trên điều kiện mặt đường ướt với hàm hệ số bám mặt đường theo công thức Pacejka. Cho ô tô bán tải này bắt đầu tăng tốc từ 0, với đầu vào mô hình mô phỏng theo độ mở của bướm ga từ 0 % đến 100 %, từ đó suy ra mô men tương ứng với giá trị 0 Nm đến 400 Nm. Với thông số kỹ thuật của bán tải Toyota Hilux 2020 [8].



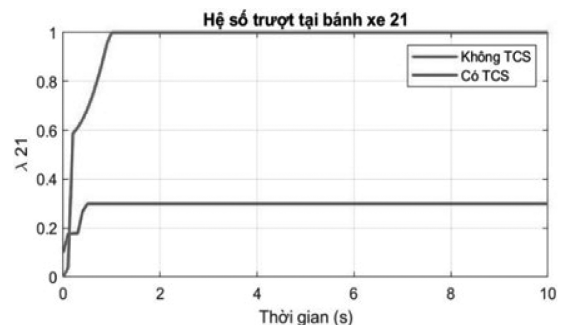
Hình 3. Gia tốc xe

Hình 3 thể hiện gia tốc xe. Trường hợp xe có TCS gia tốc tăng nhanh trong giây đầu tiên, đạt giá trị hơn 0.35 m/s^2 và giữ ổn định. Điều này cho thấy TCS giúp giảm độ trượt ở bánh xe, cho phép tăng tốc ổn định ngay từ đầu. Ở trường hợp không có TCS, gia tốc giảm và tăng chậm hơn. Gia tốc không duy trì ở mức cao như xe có TCS. Thay vào đó, giá trị này dao động quanh $0.1 - 0.15 \text{ m/s}^2$, ở giai đoạn đầu cho thấy hiện tượng trượt và mất kiểm soát hiệu quả tăng tốc.



Hình 4. Vận tốc xe

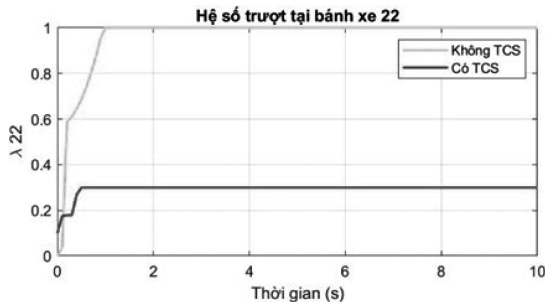
Hình 4 thể hiện vận tốc xe, ở trường hợp có TCS xe tăng tốc ổn định đạt giá trị hơn 3.5 m/s . Xe không có TCS, khả năng tăng tốc thấp hơn do tình trạng trượt ở bánh xe chủ động, xe chỉ đạt vận tốc hơn 2 m/s . Qua đó cho thấy xe có TCS có khả năng tăng tốc tốt hơn.



Hình 5. Hệ số trượt tại bánh xe 21

Hình 5 và hình 6 thể hiện hệ số trượt ở bánh xe 21 (bánh xe cầu sau bên trái) và bánh xe 22 (bánh xe cầu sau bên phải). Ở bánh xe 21, trường hợp xe có TCS, hệ số trượt được duy trì ổn định ở mức $\lambda = 0.3$ trong suốt thời gian khảo sát, cho thấy TCS đã giúp giảm đáng kể hệ số trượt và làm cho bánh xe có độ bám đường tốt hơn. Trường

hợp không có TCS hệ số trượt tăng nhanh sau 1 giây và duy trì ở mức cao với giá trị là $\lambda = 1$, cho thấy sự trượt lớn ở bánh xe này khi không có TCS kiểm soát. Ở bánh xe 22 cũng tương tự như vậy.



Hình 6. Hệ số trượt tại bánh xe 22

4. Kết luận

Nghiên cứu đã cho thấy rằng khi ô tô bán tải Toyota Hilux 2020 bắt đầu tăng tốc từ 0 trên điều kiện mặt đường ướt với hàm hệ số bám mặt đường mặt đường theo công thức Pacejka. Hệ thống TCS giúp duy trì hệ số trượt ở mức phù hợp với giá trị $\lambda = 0.3$, qua đó làm giảm độ trượt ở bánh xe chủ động, giúp bánh xe bám đường tốt hơn. Từ đó, làm cho ô tô bán tải này tăng tốc tốt hơn với một gia tốc và vận tốc ổn định hơn so với ô tô bán tải không sử dụng TCS.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Traction_control_system
- [2] Trần Gia Khiêm, Nguyễn Văn Nhiên, “Nghiên cứu mô phỏng hoạt động của hệ thống kiểm soát lực kéo (Traction Control System – TCS) trên ô tô khi tăng tốc”, Đại học Sư phạm Kỹ Thuật TP.HCM, 06/2022.
- [3] Đồng Minh Tuấn, Không Văn Nguyên, “Nghiên cứu và ứng dụng phần mềm Matlab-stateflow mô phỏng bộ ecu điều khiển điện tử hệ thống điều khiển lực kéo TCS trên xe ô tô du lịch”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 25/12/2019.
- [4] K.Yamada, M.Hashiguchi and M.Ito, “Traction control system - simulation analysis of the control system”, Scienedirect, 08/04/2014.
- [5] PGS.TS Nguyễn Thanh Tùng, TS. Lương Văn Vạn, *Giáo trình động lực học ô tô*, NXB Khoa Học Kỹ Thuật – 2022.
- [6] GS.TS. Vũ Đức Lập, TS. Nguyễn Đức Ngọc, *Giáo trình động lực học ô tô*, NXB Bách Khoa Hà Nội – 2023.
- [7] Pacejka, H. B. (2012). *Tire and vehicle dynamics*. Besselink, Igo (3rd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. [p.156]
- [8] <http://xetoyotahatinh.110.vn/toyota-hilux-2020/>