MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC XE TẢI BẰNG PHẦN MỀM TRUCKSIM

SIMULATION OF THE DYNAMICS OF TRUCK VEHICLES USING TRUCKSIM SOFTWARE

Tạ Tuấn Hưng[1], Dương Ngọc Khánh[2*], Nguyễn Hữu Thành[2,3]
[1]Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải
[2]Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
[3]Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

TÓM TẮT

Tai nạn giao thông xảy ra đối với xe tải do nhiều nguyên nhân, trong đó chủ yếu là do xe bị mất ổn định chuyển động. Để thiết kế được các hệ thống điều khiển tích cực nhằm tăng tính an toàn và ổn định chuyển động, cần phải xác định chính xác trạng thái động lực học của xe. Có 2 phương pháp xác định được các trạng thái mất ổn định và các ngưỡng chuyển động là thực nghiệm trên đường và mô phỏng. Bài báo trình bày phương pháp mô phỏng động lực học của xe tải bằng phần mềm Trucksim. Khảo sát với điều kiện quay vòng quá độ ở các vận tốc cao. Các kết quả khảo sát cho thấy, trạng thái mất ổn định lật ngang được thể hiện rõ ràng ở mức vận tốc cao.

Từ khóa: *Mất ổn định chuyển động; Động lực học xe tải; Phần mềm Trucksim; Quay vòng quá độ; Lật ngang.*

ABSTRACT

Traffic accidents of truck vehicles happen for a variety of reasons mainly due to the vehicle's unstable movement. To design active control systems to increase safety and stability of motion, it is necessary to accurately determine the dynamic condition of the vehicle. There are two methods of identifying the unstable condition and limited movement that are experimental on the road and simulated. The paper presents a method for simulating the dynamics of truck vehicles using Trucksim software. Evaluation with step steer maneuver at high speeds. These results of this evaluation show that the change in rollover was evident at high-velocity levels.

Keywords: *Unstable movement; Dynamics of truck vehicles; Trucksim software; Step steer; Rollover.*

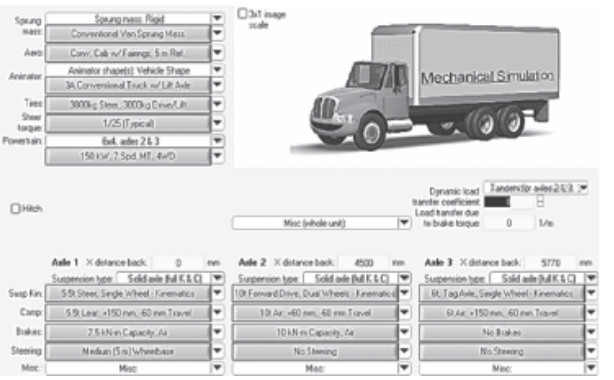
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, chất lượng đường và tốc độ chuyển động của xe đã được cải thiện để đáp ứng được các yêu cầu ngày một gia tăng của nhu cầu xã hội. Tuy nhiên, điều đó cũng dẫn đến khả năng xảy ra tai nạn khi di chuyển ở tốc độ cao. Theo thống kê của Cục Cảnh sát Giao thông, từ ngày 16/11/2017 đến 15/6/2019, tai nạn giao thông do xe ô tô chở khách, ô tô con và ô tô tải gây ra, chiếm hơn 45% số vụ, 52,1% về số người chết và 80,5% số người bị thương [1]. Tai nạn giao thông xảy ra đối với xe tải do nhiều nguyên nhân. Trong đó, xe mất ổn định chuyển động trên đường là một trong các nguyên nhân đó. Có thể kể đến các trạng thái xe khi tăng tốc, khi phanh, khi vượt xe, tránh chướng ngại vật, khi chạy trên đường có hệ số bám thấp hoặc khi xe đi vào đường vòng.

Để có thể thiết kế được các hệ thống điều khiển tích cực nhằm tăng tính an toàn và ổn định chuyển động cần phải xác định chính xác trạng thái động lực học của xe. Có thể dùng phương pháp thực nghiệm hoặc mô phỏng để xác định được các trạng thái động lực học của xe. Ở Việt Nam, phương pháp thực nghiệm để nghiên cứu còn nhiều khó khăn. Mô phỏng bằng phần mềm đóng vai trò quan trọng khi nghiên cứu động lực học ô tô. Trong đó, Trucksim là phần mềm mô phỏng động lực học dành riêng cho các dạng xe tải, xe khách có tính trực quan dễ thực hiện cho độ chính xác cao [2, 3].

Bài báo trình bày phương pháp mô phỏng động lực học xe tải 3 cầu phần mềm Trucksim. Những kết quả và phương pháp nghiên cứu của bài báo có thể đánh giá được các trạng thái chuyển động tích hợp của xe tải. Từ đó, có thể xác định được các ngưỡng chuyển động an toàn làm cơ sở thiết kế các hệ thống điều khiển tích cực sau này.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC BẰNG PHẦN MỀM TRUCKSIM



Hình 1. Giao diện kết cấu xe trong Trucksim

Xe tải 3 cầu có cấu trúc bao gồm thân xe (khối lượng được treo) liên kết với các cầu xe thông qua hệ thống treo nhíp đơn cho cầu trước và nhíp cân bằng cho cầu sau…Với kết cấu phức tạp như vậy, Trucksim mô hình hóa và mô phỏng chuyển động của xe tải 3 cầu theo từng khối lượng tập trung liên kết bằng các lực và mô men liên kết. Với mỗi liên kết lại được thay thế bằng các lực và mô men liên kết tương ứng. Trucksim tính toán, mô phỏng theo phương trình Kane [4, 5] như sau:

Đối với hệ nhiều vật hôlônôm:

$$Q_i^a + Q_i^* = 0 \qquad (i = 1,...,f) \;\; (i = 1,...,f) \qquad (1)$$

Đối với hệ nhiều vật phi hôlônôm có cấu trúc mạch vòng:

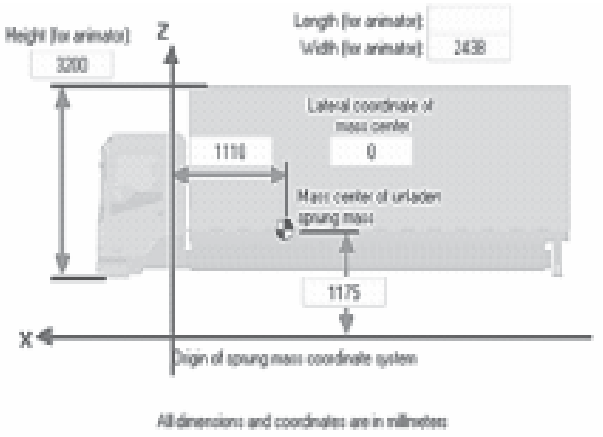
$$Q_k^a + Q_k^* + \sum_{i=1}^{r} \lambda_i \frac{\partial f_i}{\partial q_k} = 0 \qquad (\mathrm{k} = 1,2,...,\mathrm{m}) \quad (2)$$

$$f_i(q_1, q_2, ..., q_m, t) = 0 \qquad (\mathrm{i} = 1,2,...,\mathrm{r}) \qquad (3)$$

Trong đó:

$Q_i^a, Q_i^*, Q_k^a, Q_k^*$ là các lực hoạt động suy rộng và lực quán tính suy rộng.

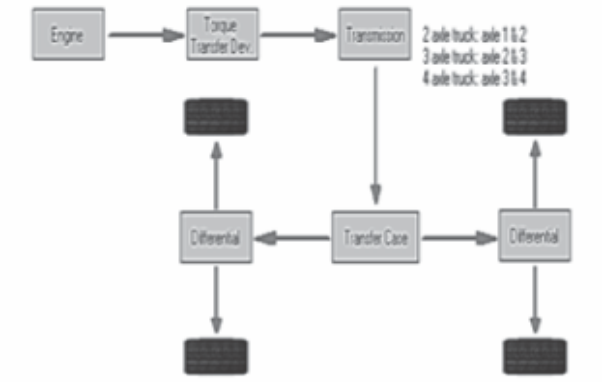
2.1. Khối lượng được treo



Hình 2. Giao diện khối lượng được treo

Khối lượng được treo được mô phỏng khi quy khối lượng về trọng tâm. Các thông số như chiều cao trọng tâm, vị trí từ trọng tâm đến cầu trước được thiết kế để nhập dễ dàng (xem Hình 2).

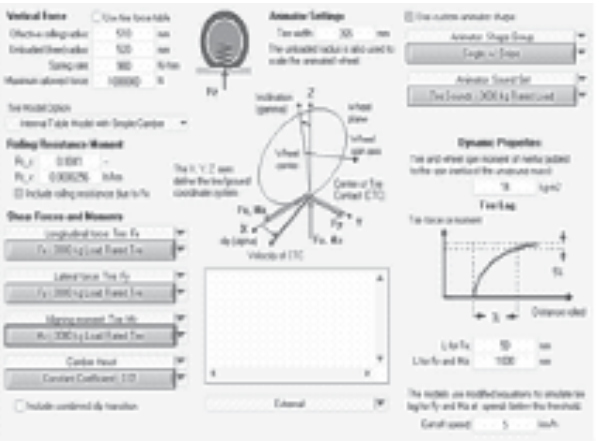
2.2. Hệ thống truyền lực



Hình 3. Giao diện hệ thống truyền lực

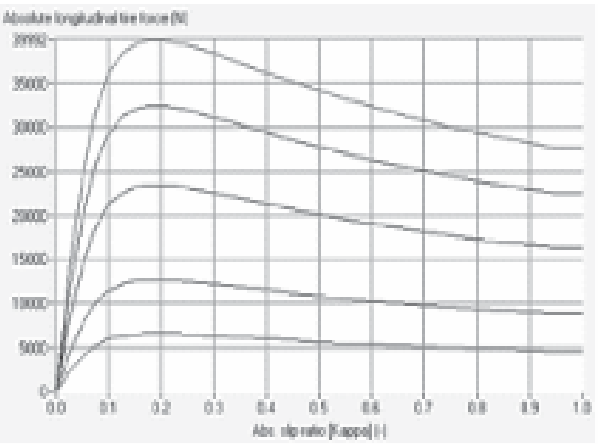
Trucksim xây dựng hệ thống truyền lực đi từ động cơ bao gồm các cụm, hệ thống như Hình 3. Có thể lựa chọn các dạng truyền lực như: Dẫn động cầu trước, cầu sau hoặc cả 2 cầu. Khi muốn thay đổi các thông số của các cụm hệ thống truyền lực, người dùng chỉ cần chọn vào khối tương ứng.

2.3. Mô hình bánh xe

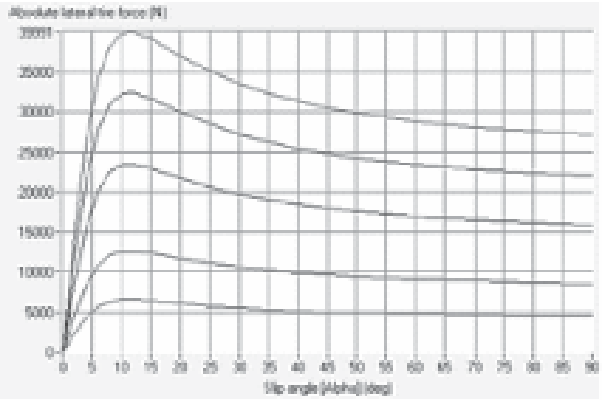


Hình 4. Giao diện mô phỏng bánh xe

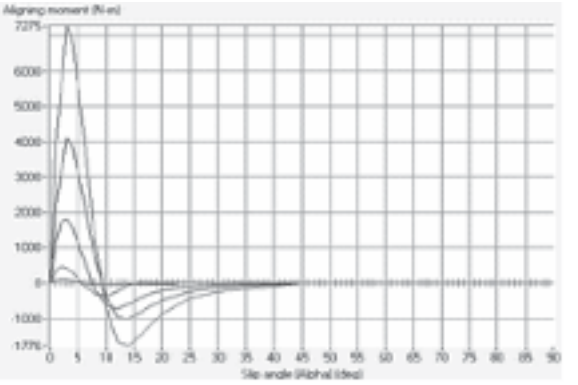
Trucksim hỗ trợ nhiều mô hình lốp để tính các thành phần lực và mô men tại bánh xe. Các mô hình lốp đều được mô phỏng căn cứ vào điều kiện biến dạng của lốp trên các mặt đường khác nhau. Hoặc tính toán theo mô hình toán học với các hệ số được nhập trực tiếp như mô hình Pacejka, mô hình MF-Type của Siemen... [6, 7]. Bài báo này, sử dụng mô hình lốp Internal Table Model với các giá trị xây dựng theo thực nghiệm với các đặc tính như Hình 5, 6 và 7.



Hình 5. Đặc tính hệ số trượt và lực dọc của lốp



Hình 6. Đặc tính góc trượt và lực ngang của lốp



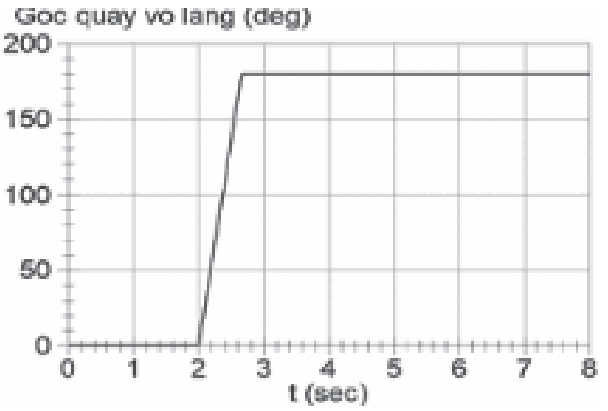
Hình 7. Đặc tính góc trượt và mô men cản quay vòng của lốp

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ

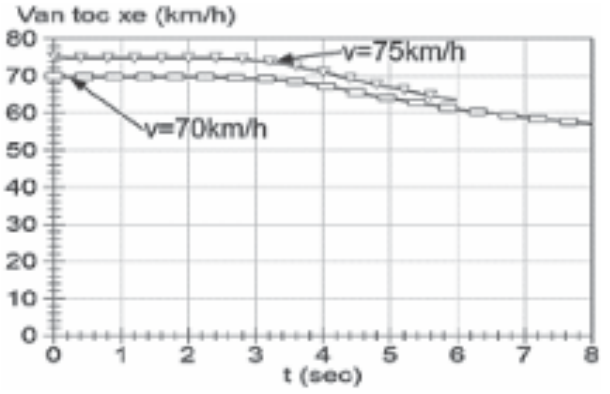
Bảng 1. Thông số loại xe khảo sát

TT	Thông số	Đơn vị	Đầy tải
1	Chiều dài cơ sở	mm	4500+1220
2	Khoảng cách từ trọng tâm đến cầu 1	mm	1110
3	Khoảng cách từ trọng tâm đến cầu 2	mm	3390
4	Khoảng cách từ trọng tâm đến cầu 3	mm	4610
5	Đường kính lốp	mm	510
6	Khối lượng được treo	kg	4550
7	Khối lượng không được treo cầu 1	kg	570
8	Khối lượng không được treo cầu 2	kg	760
9	Khối lượng không được treo cầu 3	kg	760
10	Độ cứng của nhíp trước	kN/m	250
11	Độ cứng của nhíp sau	kN/m	700
12	Hệ số cản giảm chấn của hệ thống treo trước	kNs/m	15
13	Hệ số cản giảm chấn của hệ thống treo sau	Ns/m	50
14	Độ cứng hướng kính lốp trước	kN/m	980
15	Độ cứng hướng kính lốp sau	kN/m	1960
16	Hệ số bám đường lớn nhất		0,8

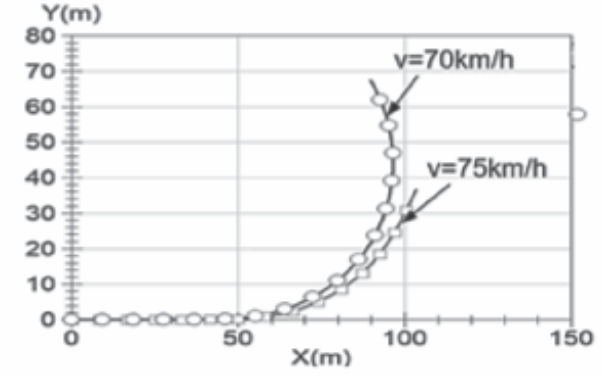
Nhập các thông số loại xe tải 3 cầu theo Bảng 1 vào chương trình Trucksim theo từng mô đun. Một số kết quả được đưa ra với trạng thái quay vòng quá độ với quy luật của vô lăng như Hình 8 ở các mức vận tốc ban đầu là 70km/h và 75km/h (xem Hình 9).



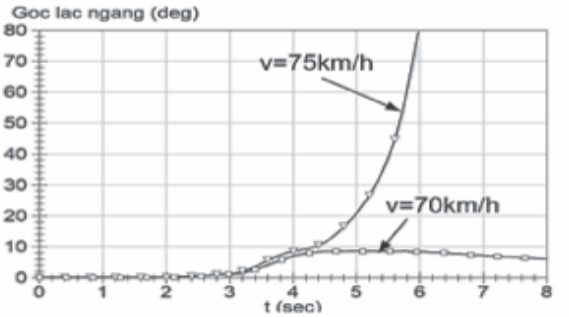
Hình 8. Đồ thị góc quay vô lăng



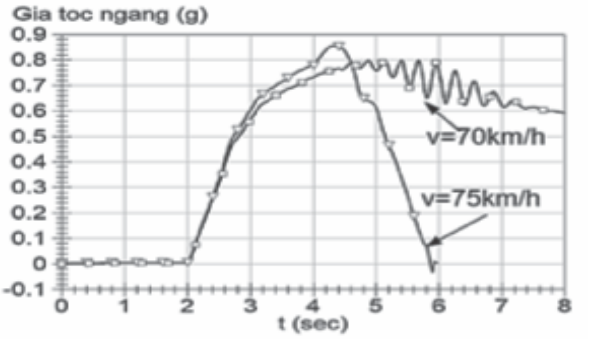
Hình 9. Đồ thị vận tốc xe khi quay vòng



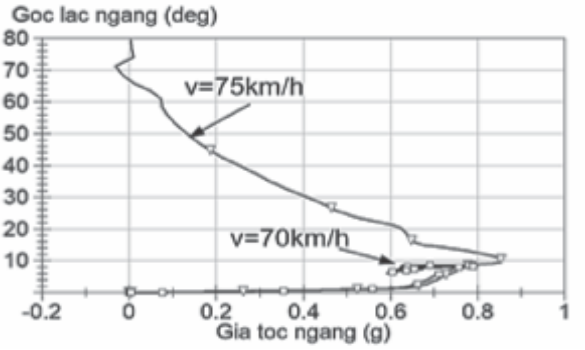
Hình 10. Đồ thị quỹ đạo chuyển động



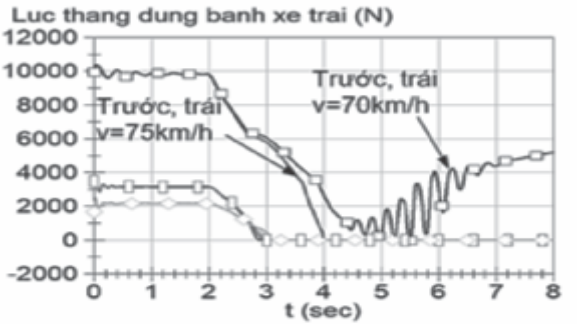
Hình 11. Đồ thị góc lắc ngang



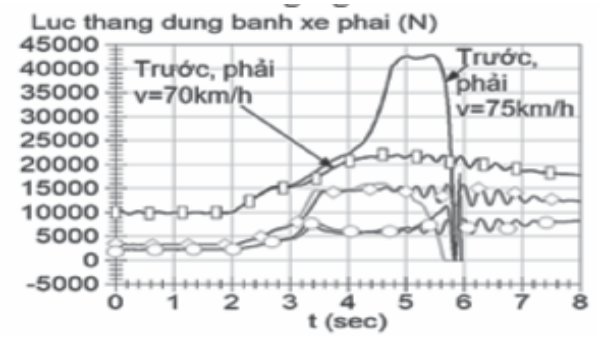
Hình 12. Đồ thị gia tốc ngang



Hình 13. Đồ thị góc lắc ngang-gia tốc ngang



Hình 14. Đồ thị tải trọng bên trái



Hình 15. Đồ thị tải trọng bên phải

Một số kết quả khảo sát được chỉ ra từ Hình 10 đến Hình 15 cho thấy, với mức vận tốc 70km/h xe chưa bị lật ngang ứng với dấu hiệu góc lắc ngang ổn định (Hình 11). Ở mức vận tốc 75km/h thì xe đã bị lật ngang khi góc lắc ngang đạt đến 80deg ở thời điểm khảo sát là 6s (xem Hình 11). Trạng thái tách bánh xe (tải trọng thẳng đứng bằng 0) là dấu hiệu sớm để đánh giá trạng thái xe có thể bị lật ngang (xem Hình 14 và 15).

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày phương pháp mô phỏng động lực học của xe tải bằng phần mềm Trucksim. Khảo sát với điều kiện quay vòng quá độ ở các vận tốc cao cho thấy sự thay đổi trạng thái mất ổn định lật ngang được thể hiện rõ ràng ở mức vận tốc cao. Với phương pháp mô phỏng bằng phần mềm Trucksim có thể xác định được các trạng thái mất ổn định của xe tải ở các điều kiện chuyển động phức tạp hơn như chuyển làn đường, Fishhock…làm cơ sở để thiết kế các hệ thống điều khiển tích cực sau này.❖

Ngày nhận bài: **21/01/2022**
Ngày phản biện: **22/3/2022**

Tài liệu tham khảo:

[1]. https://laodong.vn/giao-thong/45-so-vu-tai-nan-nghiem-trong-do-xe-khach-taxi-va-xe-tai-gay-ra-748112.ldo
[2]. Li. L, Guo. T and Xu. S (2021); Simulation *Analysis of Vehicle Handling Stability Based on Trucksim*, Journal of Physics: Conference Series, ICAMMT 2021. doi:10.1088/1742-6596/1885/3/032043.
[3]. Zhang. Y, Li. X, Zhou. J, Yin. X, Yuan. S, Liu. S (2018) *Modeling and Dynamics Analysis for Intelligent Skid-Steering Vehicle Based on Trucksim-Simulink*, International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering Vol:12, No: 6, 2018.
[4]. TruckSim Math Models-Mechanical Simulation, Nguồn: https://www.carsim.com/downloads/pdf/TruckSim_Math_Models.pdf
[5]. Nguyễn Văn Khang (2017); Động lực học hệ nhiều vật, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
[6]. Võ Văn Hường, Nguyễn Tiến Dũng, Dương Ngọc Khánh, Đàm Hoàng Phúc (2014); *Động lực học ô tô,* NXB. Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
[7]. Schramm. D, Hiller. M, and Bardini. R (2014) *Vehicle Dynamics Modeling and Simulation.* 1st edn. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.