

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ ĐÁNH LÁI ĐẾN ỔN ĐỊNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐOÀN XE SƠ MI RƠ MÓC

A STUDY ON EFFECTS OF STEERING FREQUENCY ON STABILITY OF TRACTOR SEMI TRAILER

Nguyễn Tiến Dũng<sup>1,\*</sup>,  
Nguyễn Đức Nam<sup>2</sup>, Nguyễn Minh Tú<sup>3</sup>

## TÓM TẮT

Đoàn xe sơ mi rơ moóc có kích thước lớn, kết cấu hai thân có khớp nối nên tính chất chuyển động rất phức tạp. Chuyển làn đường là quá trình di chuyển thường gặp trong điều kiện mật độ phương tiện di chuyển cao như ở Việt Nam. Bài báo trình bày phương pháp thiết lập mô hình động lực học đoàn xe sơ mi rơ moóc theo phương pháp hệ nhiều vật và hệ phương trình Newton-Euler. Trong mặt phẳng đường, mỗi vật tách cấu trúc được mô tả với 3 bậc tự do: dọc, ngang, quay thân xe. Sử dụng mô hình động lực đã xây dựng để khảo sát ảnh hưởng của tần số đánh lái đến ổn định chuyển động của đoàn xe sơ mi rơ moóc khi chuyển làn đường.

**Từ khóa:** Đoàn xe sơ mi rơ moóc, mật độ phương tiện cao, chuyển làn đường đơn, động lực học hệ nhiều vật, tần số đánh lái.

## ABSTRACT

It is difficult to predict exactly the lateral stability of tractor semi-trailer since the complicated structure of the vehicle with a fifth wheel especially in the case of several motion. Lane change is a common motion process in the high density of vehicles in Vietnam. This paper presents a dynamic model of tractor semi-trailer is developed based on Multi-body System and Newton-Euler Equations. In yaw plane, the bodies of tractor semitrailer are described by 3 degrees of freedom as longitudinal, lateral, yaw. The established model is applied to evaluate the effects of steering frequency on stability of tractor semi-trailer while single lane change process.

**Keywords:** Tractor semi-trailer, high density of vehicle, single lane change, dynamics of Multi-body Systems, steering frequency.

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Cao đẳng Cơ khí nông nghiệp

<sup>3</sup>Trường Cao đẳng nghề số 4, Bộ Quốc phòng

\*Email: dung.nguyentien@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 12/01/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2019

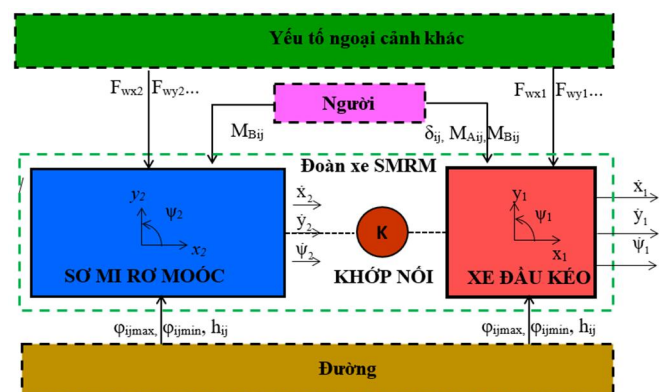
## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam hiện nay số lượng đoàn xe chủ yếu là đoàn xe sơ mi rơ moóc (ĐXSMMR) phát triển rất nhanh, đặc biệt là ở các địa phương có nhiều bến cảng, khu công nghiệp. Tính đến tháng 9 năm 2012 thành phố Hồ Chí Minh có hơn 9.000 ĐXSMMR [1]. Đến tháng 9 năm 2014 Hải Phòng có gần 6.000

ĐXSMMR [2]. Ở Việt Nam, theo thống kê của Ủy ban An toàn giao thông quốc gia năm 2016 cả nước xảy ra 21.589 vụ tai nạn giao thông, làm 8.685 người chết và 19.280 người bị thương [3]. Tai nạn giao thông xảy ra đối với ĐXSMMR do nhiều nguyên nhân, trong đó chủ yếu là do đoàn xe mất ổn định chuyển động trên đường khi tăng tốc, khi phanh, khi vượt xe, tránh chướng ngại vật, khi chạy trên đường có hệ số bám thấp hoặc khi đoàn xe chuyển hướng.

Hành lang chuyển động của đoàn xe là yếu tố quan trọng khi thiết kế đường. Mỗi làn đường thường được quy định độ rộng theo tiêu chuẩn của hệ thống giao thông như tiêu chuẩn làn đường ô tô. Sự quy định làn đường và mật độ phương tiện giao thông ngày một tăng dẫn đến người lái khi điều khiển xe thường phải điều khiển để xe luôn nằm trong làn đường an toàn. Tuy nhiên, với các điều kiện chuyển động thực tế thì có bị vi phạm làn đường (chuyển sang làn đường khác hoặc ra khỏi đường) đặc biệt là đối với các loại xe có kích thước lớn như ĐXSMMR.

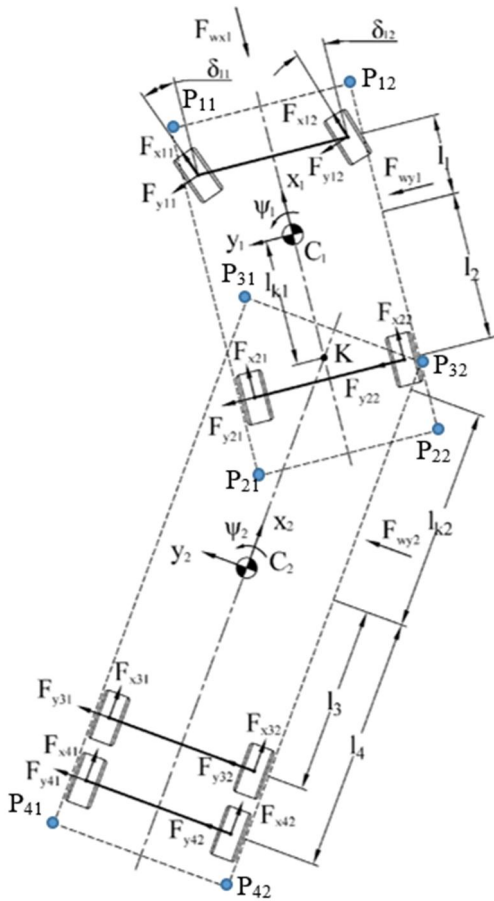
ĐXSMMR có thể chuyển làn đường đúng tức là kết thúc quá trình chuyển làn đường thì xe nằm trong vùng làn đường mong muốn. Chuyển làn đường không đảm bảo khi xe bị vi phạm trong (một phần của xe vẫn nằm ở làn đường ban đầu), vi phạm ngoài (vẫn còn phần xe nằm ngoài làn đường mong muốn). Cả hai dạng vi phạm làn đường này đều là các nguyên nhân có thể gây ra hiện tượng va chạm với các phương tiện khác hoặc thành lề đường. Điều đó có thể dẫn đến xe bị lật do vấp (Tripped Rollover) hoặc bị lệch hướng chuyển động hoặc gập thân xe (Jackknife).



Hình 1. Sơ đồ tương tác Đường - ĐXSMMR - Người lái

Trong điều kiện đường Việt Nam, người lái thường xuyên phải điều khiển tích hợp (phanh, ga, lái) để xe có thể đi như mong muốn. Ngoài các yếu tố tác động từ đường, cản khí động thì phản ứng của người lái ảnh hưởng lớn đến ổn định chuyển động của ĐXSMMR như sơ đồ hình 1. Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của tần số đánh lái của quy luật đánh lái sin đơn đến chuyển làn đường trong điều kiện đường có hệ số bám thấp bằng mô hình động lực học ĐXSMMR.

**2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC ĐOÀN XE SƠ MI RƠ MÓC**



Hình 2. Mô hình động lực học ĐXSMMR trong mặt phẳng đường

Phương pháp tách cấu trúc hệ nhiều vật thực hiện việc tách các phần cấu trúc riêng thông qua các điểm liên kết. Tại các liên kết khi tách cấu trúc ta thay các lực hoặc mô men có cùng trị số, khác chiều và cùng phương, hướng dương là hướng của chuyển động. Với mỗi phần tách cấu trúc dùng phương trình Newton-Euler [4] có thể thiết lập phương trình mô tả chuyển động. ĐXSMMR được tách thành hai phần tương ứng với hai hệ quy chiếu cục bộ là  $C_1x_1y_1$  ứng với xe đầu kéo (XĐK) và  $C_2x_2y_2$  ứng với sơ mi rơ móc (SMRM) đặt tại các trọng tâm như hình 2. Từ đó thành lập được hệ phương trình mô tả chuyển động ĐXSMMR trong mặt phẳng đường được viết riêng cho từng phần.

Hệ phương trình mô tả chuyển động của XĐK:

$$\begin{cases} M_1\ddot{x}_1 - M_1\dot{y}_1\dot{\psi}_1 = F_{x11}\cos\delta_{11} - F_{y11}\sin\delta_{11} + F_{x12}\cos\delta_{12} - F_{y12}\sin\delta_{12} \\ \quad + F_{x21} + F_{x22} - F_{kx1} - F_{wx1} \\ M_1\ddot{y}_1 + M_1\dot{x}_1\dot{\psi}_1 = F_{y11}\sin\delta_{11} + F_{y11}\cos\delta_{11} + F_{x12}\sin\delta_{12} + F_{y12}\sin\delta_{12} \\ \quad + F_{y21} + F_{y22} + F_{wy1} - F_{ky1} \\ J_{z1}\ddot{\psi}_1 = [(F_{x12}\cos\delta_{12} - F_{y12}\sin\delta_{12}) - (F_{x11}\cos\delta_{11} - F_{y11}\sin\delta_{11})]b_1 \\ \quad + [(F_{x11}\sin\delta_{11} + F_{y11}\cos\delta_{11}) + (F_{x12}\sin\delta_{12} + F_{y12}\sin\delta_{12})]l_1 \\ \quad + (F_{x22} - F_{x21})b_2 - (F_{y21} + F_{y22})l_2 + F_{ky1}l_{k1} + F_{wy1}l_{w1} \end{cases} \quad (1)$$

Hệ phương trình mô tả chuyển động SMRM:

$$\begin{cases} M_2\ddot{x}_2 - M_2\dot{y}_2\dot{\psi}_2 = F_{kx2} + F_{x31} + F_{x32} + F_{x41} + F_{x42} - F_{wx2} \\ M_2\ddot{y}_2 + M_2\dot{x}_2\dot{\psi}_2 = F_{ky2} + F_{y31} + F_{y32} + F_{y41} + F_{y42} + F_{wy2} \\ J_{z2}\ddot{\psi}_2 = (F_{x32} - F_{x31})b_3 + (F_{x42} - F_{x41})b_4 + F_{ky2}l_{k2} \\ \quad - (F_{y31} + F_{y32})l_3 - (F_{y41} + F_{y42})l_4 + F_{wy2}l_{w2} \end{cases} \quad (2)$$

Các ngoại lực và mô men bên trái bao gồm:  $F_{kx1}, F_{ky1}, F_{kx2}, F_{ky2}$  là lực liên kết tại khớp nối được tính từ giả thiết khớp nối dạng lý tưởng [5];  $F_{xij}, F_{yij}$  là các lực từ đường tác dụng lên bánh xe đàn hồi được xác định qua mô hình lớp phi tuyến sử dụng hàm mẫu Ammon [6];  $F_{wx1}, F_{wy1}, F_{wx2}, F_{wy2}$  là các lực cản khí động,  $b_1, b_2, b_3, b_4$  là vết tiếp xúc tại các cầu xe;  $l_1, l_{k1}, l_{k2}$  là khoảng cách từ các trọng tâm của từng xe đến các cầu xe  $i$  và khớp nối tương ứng.  $l_{w1}, l_{w2}$  là khoảng cách từ trọng tâm xe đến tâm đặt lực khí động tương ứng.

Khi giải được các hệ phương trình (1) và (2) có thể xác định được vị trí trọng tâm  $C_m(X_m, Y_m)$  của từng xe ( $m = 1$ : XĐK;  $m = 2$ : SMRM), tọa độ các điểm giới hạn  $P_{ij}(X_{ij}, Y_{ij})$  (như hình 2) của từng xe trong hệ quy chiếu cố định như sau:

$$\begin{cases} X_m = \int (\dot{x}_m \cos\psi_m - \dot{y}_m \sin\psi_m) dt \\ Y_m = \int (\dot{x}_m \sin\psi_m + \dot{y}_m \cos\psi_m) dt \\ X_{ij} = X_m + (-1)^{i-1} L_{ij} \cos\psi_m + (-1)^j B_{ij} \sin\psi_m \\ Y_{ij} = Y_m + (-1)^{i-1} L_{ij} \sin\psi_m + (-1)^j B_{ij} \cos\psi_m \end{cases} \quad (3)$$

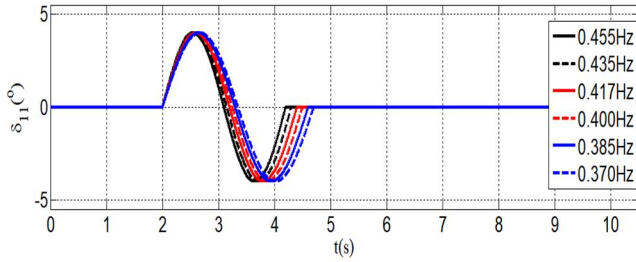
Trong đó:

- $i = 1; 2$ : Các vị trí giới hạn trước và sau của XĐK;
- $i = 3; 4$ : Các vị trí giới hạn trước và sau của SMRM;
- $j = 1; 2$ : Các vị trí giới hạn trái và phải của từng vị trí  $i$ ;
- $L_{ij}$ : Khoảng cách từ trọng tâm  $C_m$  đến điểm  $P_{ij}$  theo phương dọc xe,  $m$ ;
- $B_{ij}$ : Khoảng cách từ trọng tâm  $C_m$  đến điểm  $P_{ij}$  theo phương ngang xe,  $m$ .

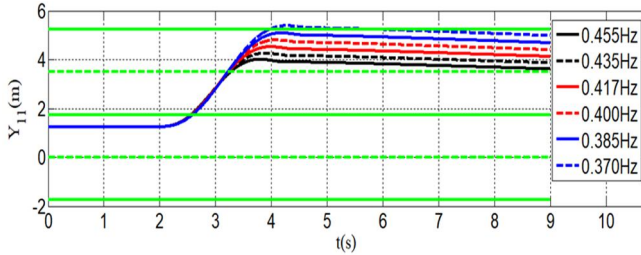
**3. KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ**

Sử dụng phần mềm Matlab-Simulink thiết lập các khối mô phỏng mô hình động lực học của ĐXSMMR. Các thông số kết cấu được xác định từ ĐXSMMR gồm XĐK 2 cầu MAZ 543203-220 và SMRM 2 cầu DV-CSKS-400NA [7].

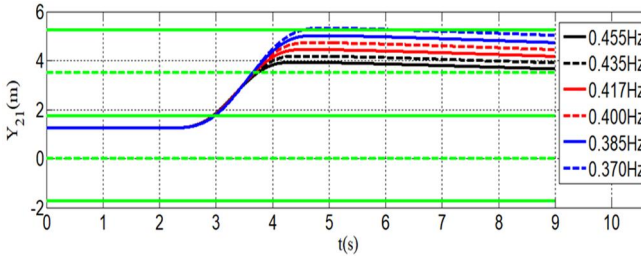
Nghiên cứu khảo sát trạng thái chuyển làn đường đơn với các vận tốc 50km/h ở góc lái dạng Sin đơn dạng mở [8] biên độ góc lái  $4^\circ$  với tần số đánh lái  $f$  từ 0,455 đến 0,370Hz (thời gian đánh lái một chu kỳ  $\Delta t$  bằng  $2,2 \div 2,7s$ ) như hình 3. Lựa chọn đường phẳng cấp thiết kế III với bề rộng một làn đường là 3,5m theo TCVN4054:2005 [9] với hệ số bám  $\varphi_{xmax}$  bằng 0,5; Đánh giá sự vi phạm làn đường thông qua tọa độ ngang  $Y_{ij}$  của các điểm giới hạn phải trái trước sau  $P_{ij}$  của từng xe như biểu diễn trên hình 4 ÷ 11.



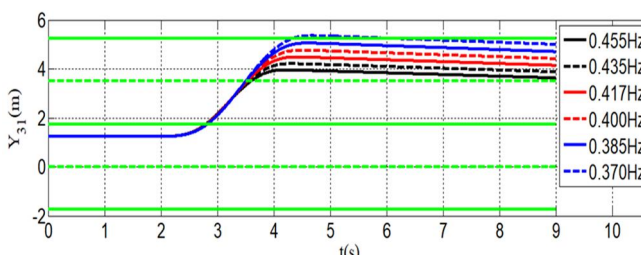
Hình 3. Quy luật đánh lái sin đơn cho góc quay bánh xe dẫn hướng bên trái



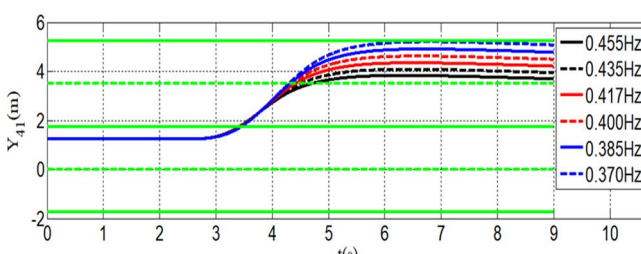
Hình 4. Tọa độ ngang  $Y_{11}$  của điểm  $P_{11}$



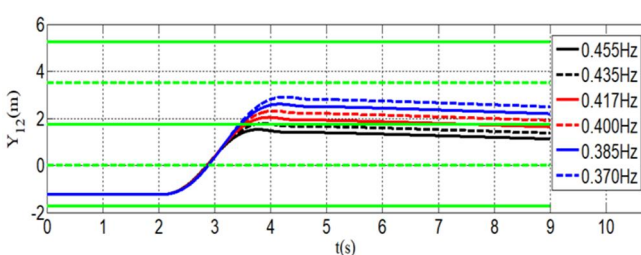
Hình 5. Tọa độ ngang  $Y_{21}$  của điểm  $P_{21}$



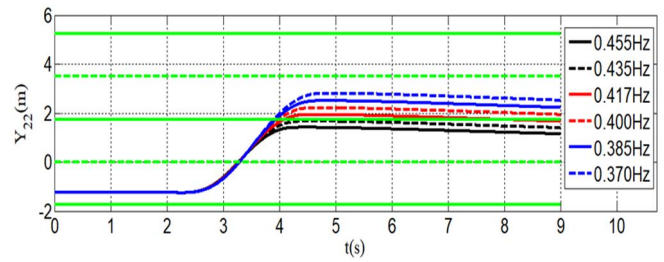
Hình 6. Tọa độ ngang  $Y_{31}$  của điểm  $P_{31}$



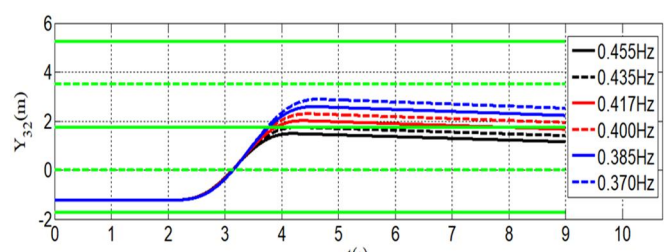
Hình 7. Tọa độ ngang  $Y_{41}$  của điểm  $P_{41}$



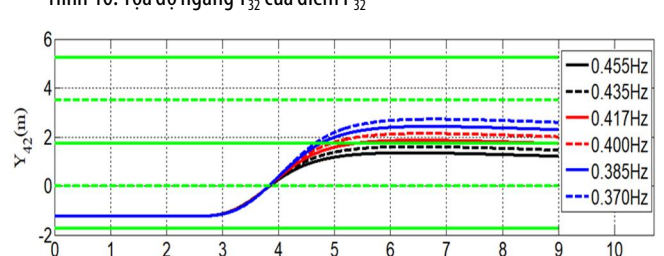
Hình 8. Tọa độ ngang  $Y_{12}$  của điểm  $P_{12}$



Hình 9. Tọa độ ngang  $Y_{22}$  của điểm  $P_{22}$



Hình 10. Tọa độ ngang  $Y_{32}$  của điểm  $P_{32}$



Hình 11. Tọa độ ngang  $Y_{42}$  của điểm  $P_{42}$

Bảng 1. Các chỉ tiêu đánh giá sự vi phạm làn đường của ĐXSMMR theo tần số đánh lái

$f$ (Hz)	0,455	0,435	0,417	0,4	0,385	0,37
$\Delta t$ (s)	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
$\max Y_{11}$ (m)	4,009	4,261	4,525	4,801	5,088	5,387
$\max Y_{21}$ (m)	3,913	4,168	4,435	4,713	5,003	5,304
$\max Y_{31}$ (m)	3,950	4,207	4,475	4,755	5,047	5,349
$\max Y_{41}$ (m)	3,822	4,074	4,337	4,612	4,898	5,196
$\max Y_{12}$ (m)	1,515	1,768	2,032	2,307	2,594	2,892
$\max Y_{22}$ (m)	1,413	1,668	1,935	2,213	2,503	2,804
$\max Y_{32}$ (m)	1,477	1,735	2,004	2,285	2,576	2,880
$\max Y_{42}$ (m)	1,342	1,594	1,857	2,132	2,418	2,716
$\max Y_1$ (m)	2,656	2,911	3,178	3,456	3,745	4,046
$\max Y_2$ (m)	2,582	2,834	3,098	3,373	3,659	3,956
Thời điểm vi phạm (s)	3,783 ( $P_{12}$ )	4,552 ( $P_{22}$ )	x	x	x	3,981 ( $P_{11}$ )
Kết luận	Vi phạm trong	Vi phạm trong	Đạt	Đạt	Đạt	Vi phạm ngoài

**Nhận xét:** Căn cứ vào vị trí của các điểm giới hạn ngang  $Y_{ij}$  so với các làn đường tiêu chuẩn cho thấy khả năng xe bị vi phạm làn đường trong khi chuyển làn đường với tần số

đánh lái 0,455 và 0,435Hz (Các điểm vi phạm sớm nhất tương ứng là  $P_{12}$  và  $P_{22}$  như bảng 1). Điều đó dẫn đến xe có thể bị va chạm với các phương tiện tham gia giao thông khác. Khi chuyển làn đường ở tần số đánh lái 0,37Hz xe bị vi phạm làn đường ngoài ở điểm  $P_{11}$  (như bảng 2). Khi đó, các điểm giới hạn trái bị vượt ra khỏi làn đường ngoài, điều đó dẫn đến ĐXSMMR có thể bị va chạm với thành, lề đường... Cả hai dạng vi phạm này đều có thể dẫn đến xe bị lật vấp. Khảo sát cũng chỉ ra 3 mức tần số đánh lái (0,417; 0,4; 0,385Hz) ĐXSMMR nằm trong làn đường mong muốn khi chuyển làn đường (bảng 1).

#### 4. KẾT LUẬN

Khi chuyển làn đường người lái cần có điều khiển tùy theo trạng thái thực tế của xe. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chuyển làn đường của ĐXSMMR. Bài báo đã trình bày mô hình động lực học hai dây của ĐXSMMR bằng phương pháp hệ nhiều vật và hệ phương trình Newton - Euler;

Khảo sát với quy luật đánh lái Sin đơn cho các trạng thái chuyển làn đường đơn. Khi chuyển làn đường đơn với tần số đánh lái cao, ĐXSMMR có khả năng bị vi phạm trong. Ở các tần số đánh lái thấp, ĐXSMMR bị vi phạm làn đường ngoài;

Với phương pháp khảo sát trên, có thể khảo sát xác định được vùng điều khiển nhiều thông số để xe có thể chuyển làn đường mà không bị va chạm với lề đường hoặc các phương tiện khác. Làm cơ sở cho hệ thống lái tự động khi chuyển làn đường.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Năm 2015: Lượng xe container tại TPHCM tăng gần 50% (2016). Nguồn: <http://www.thesaigontimes.vn/142839/Nam-2015-Luong-xe-container-tai-TPHCM-tang-gan-50.html>
- [2]. 90% xe container ở Hải Phòng chưa được cấp phép (2013). Nguồn: <http://vnexpress.net/tin-tuc/thoi-su/90-xe-container-o-hai-phong-chua-duoc-cap-phep-2848248.html>.
- [3]. 8.685 người chết vì tai nạn giao thông năm 2016 (2017). Nguồn: <http://nld.com.vn/thoi-su-trong-nuoc/8685-nguoi-chet-vi-tai-nan-giao-thong-trong-nam-2016-20170104101534277.htm>
- [4]. Michael Blundell and Damian Harty, 2014. *Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics*. Elsevier's Science and Technology Right Department, Oxford, UK.
- [5]. Dieter Schramm, Manfred Hiller, Roberto Bardini, 2014. *Vehicle Dynamic-Modeling and Simulation*. Springer, USA.
- [6]. Dieter Ammon, 2013. *Modellbildung und Systementwicklung in der Fahrzeugtechnik*. BG Teubner.
- [7]. Nguyễn Tiến Dũng, Võ Văn Hùng, 2017. *Xây dựng mô hình động lực học nghiên cứu ổn định hướng xe bán moóc khi quay vòng*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam số tháng 03 năm 2017.

[8]. ISO14791, 2000. *Road vehicles - Heavy commercial vehicle combinations and articulated buses - Lateral stability test methods*. Switzerland.

[9]. Tiêu chuẩn Việt Nam, 2005. *TCVN4054 - Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế (Highway - Specifications for design)*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.

#### AUTHORS INFORMATION

Nguyen Tien Dung<sup>1</sup>, Nguyen Duc Nam<sup>2</sup>, Nguyen Minh Tu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Science and Technology

<sup>2</sup>Vocational College of Agricultural Mechanics

<sup>3</sup>The Vocational College N<sup>o</sup>4, Ministry of Defence