

Ảnh hưởng của cường độ phanh đến hiệu quả phanh đoàn xe semi-romoóc trên đường khô ở vận tốc 80 km/h

The impact of braking intensity on braking efficiency of tractor semi-trailer on the dry roads at the speed of 80 km/h

Nguyễn Thanh Tùng^{1,*}, Võ Văn Hường², Nguyễn Phú Hùng³

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

²Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

³Vụ Khoa học và Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ

*Email: tungnt@vlute.edu.vn

Tel: +8402703 824263; Mobile: 090 9898 768

Tóm tắt

Từ khóa:

Cường độ phanh; Đoàn xe semi-romoóc; Hiệu quả phanh; Semi-romoóc; Xe đầu kéo.

Khi phanh đột ngột đoàn xe semi-romoóc (ĐXSMMR) thường mất ổn định và gây tai nạn giao thông. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ phanh đến hiệu quả phanh ĐXSMMR trên đường khô ở vận tốc 80 Km/h. Nhóm tác giả sử dụng phương pháp tách cấu trúc và phương trình Newton-Euler để thiết lập hệ phương trình động lực học phanh ĐXSMMR 6 cầu. Sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát phanh ĐXSMMR 6 cầu trên đường khô có hệ số bám $\varphi_{x_{max}} = 0,8$. Kết quả khảo sát cho thấy, khi ĐXSMMR chạy trên đường khô có hệ số bám $\varphi_{x_{max}} = 0,8$ ở vận tốc $V_0 = 80\text{km/h}$ rồi phanh với cường độ $M_B = 50\%M_{B_{max}}$ thì gia tốc phanh $a_1 = 4,0\text{m/s}^2$, quãng đường phanh $S_1 = 73,0\text{m}$; phanh mức $M_B = 60\%M_{B_{max}}$ thì $a_2 = 4,8\text{m/s}^2$, $S_2 = 63,0\text{m}$; phanh mức $M_B = 70\%M_{B_{max}}$ thì $a_3 = 5,6\text{m/s}^2$, $S_3 = 55,8\text{m}$; phanh mức $M_B = 80\%M_{B_{max}}$ thì $a_4 = 6,2\text{m/s}^2$, $S_4 = 50,3\text{m}$; phanh mức $M_B = 90\%M_{B_{max}}$ thì $a_5 = 6,3\text{m/s}^2$, $S_5 = 48,6\text{m}$; phanh mức $M_B = 100\%M_{B_{max}}$ thì $a_6 = 6,4\text{m/s}^2$, $S_6 = 47,6\text{m}$.

Abstract

Keywords:

Braking efficiency; Braking intensity; Semi-trailer; Tractor; Tractor semi-trailer.

The tractor semi-trailer is often unstable and causes traffic accidents at the moment of sudden braking. This paper presents the study results of the impact of braking intensity on tractor semi-trailer's braking efficiency on the dry roads at the speed of 80kph. The methods of structural separation and Newton-Euler equations were used to establish the dynamic equations of a 6x6 tractor semi-trailer's braking. The Matlab-Simulink software was used to survey the brake of a 6x6 tractor semi-trailer on the dry roads with the grip coefficient $\varphi_{x_{max}} = 0.8$. Results showed that when the tractor semi-trailer runs on the dry roads with the grip coefficient $\varphi_{x_{max}} = 0.8$ at $V_0 = 80\text{kph}$ then brakes with $M_B = 50\%M_{B_{max}}$, the acceleration of brake will be $a_1 = 4.0\text{m/s}^2$, braking distance $S_1 = 73.0\text{m}$; if $M_B = 60\%M_{B_{max}}$, then acceleration of brake will be $a_2 = 4.8\text{m/s}^2$, braking distance $S_2 = 63.0\text{m}$; if $M_B = 70\%M_{B_{max}}$, acceleration of brake is $a_3 = 5.6\text{m/s}^2$, braking distance $S_3 = 55.8\text{m}$; if $M_B = 80\%M_{B_{max}}$, acceleration of brake is $a_4 = 6.2\text{m/s}^2$, braking distance $S_4 = 50.3\text{m}$; if $M_B = 90\%M_{B_{max}}$, acceleration of brake is $a_5 = 6.3\text{m/s}^2$, braking distance $S_5 = 48.6\text{m}$; if $M_B = 100\%M_{B_{max}}$, acceleration of brake is $a_6 = 6.4\text{m/s}^2$, braking distance $S_6 = 47.6\text{m}$.

Ngày nhận bài: 11/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 04/9/2018

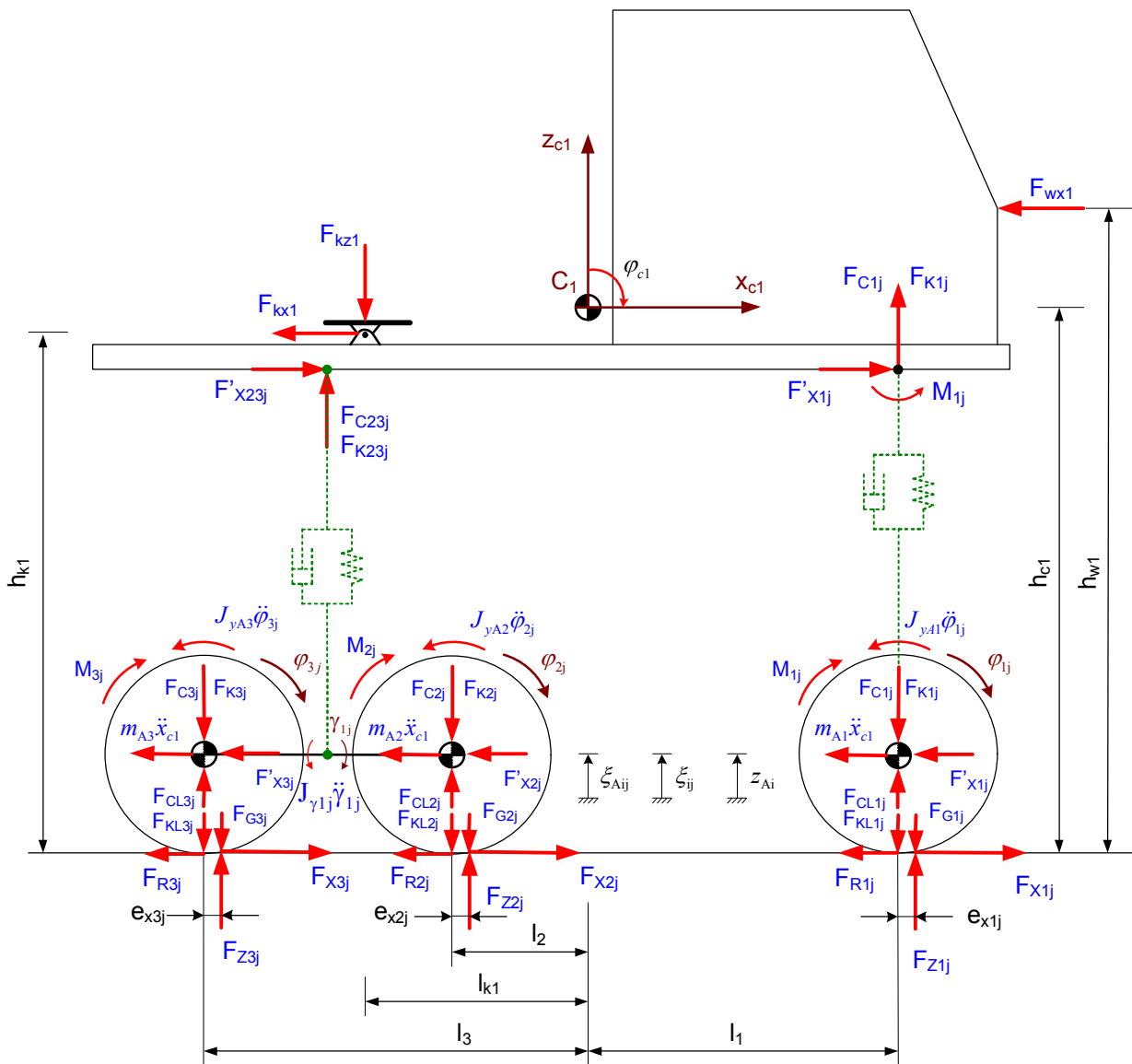
Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

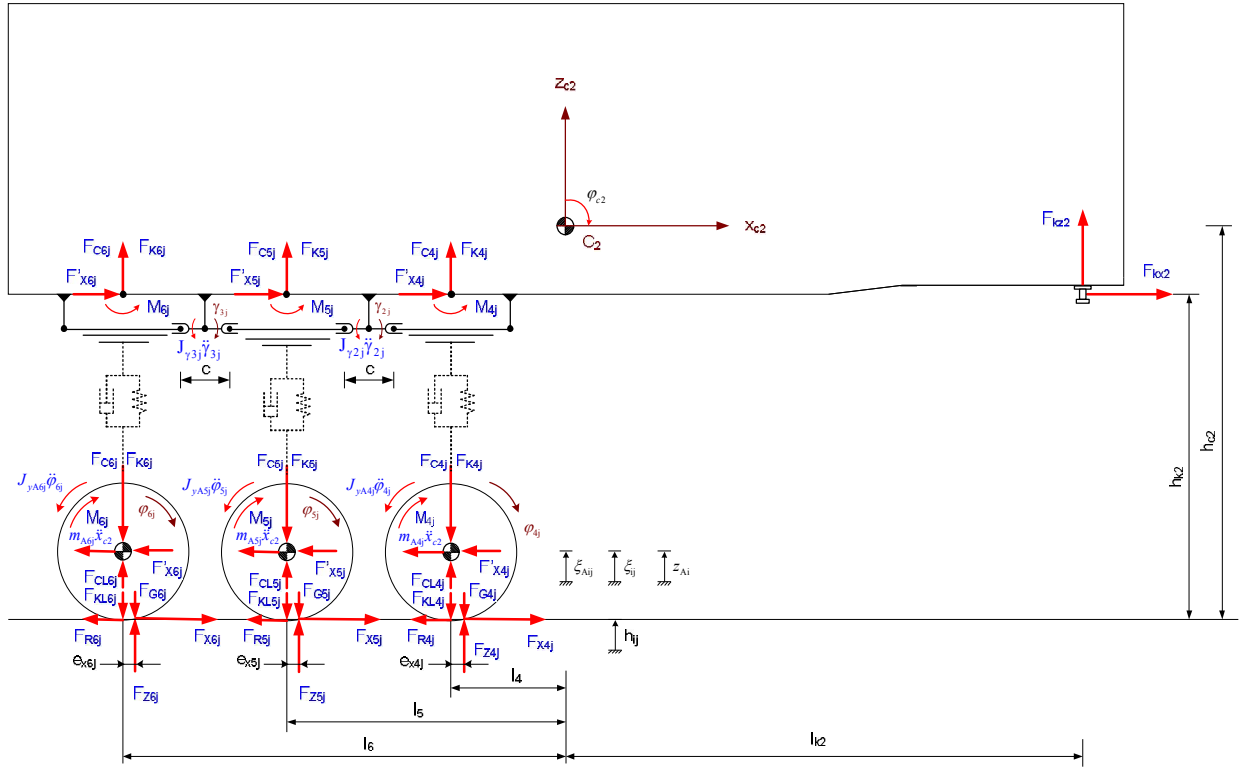
Cường độ phanh có ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả phanh, do đó trong quá trình điều khiển ĐXSMMR, tùy theo điều kiện đường mà lái xe phải lựa chọn một cường độ phanh cho phù hợp để đảm bảo an toàn chuyển động và tăng hiệu quả phanh. Trong bài báo này nhóm tác giả trình bày khảo sát ảnh hưởng của cường độ phanh đến hiệu quả phanh của ĐXSMMR trên đường thẳng khô có hệ số bám $\varphi_{x\max} = 0,8$ ở vận tốc $V_0 = 80$ km/h.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT/PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sơ đồ lực và mômen tác dụng lên xe đầu kéo và somi-romoóc của ĐXSMMR được thể hiện như hình 1 và 2 [2].



Hình 1. Sơ đồ động lực học xe đầu kéo trong mặt phẳng dọc [2]



Hình 2. Sơ đồ động lực học semi-robotic phương thẳng đứng [2]

Sử dụng phương pháp tách cấu trúc và hệ phương trình Newton-Euler [1, 2, 3, 5, 6], tác giả thiết lập được hệ phương trình động lực học phanh ĐXSMM 6 cầu như sau:

$$(m_{c1} + \sum_1^3 m_{Ai})(\ddot{x}_{c1} - \dot{\psi}_{c1}\dot{y}_{c1}) = (F_{x11} - F_{R11})\cos\delta_{11} + (F_{x12} - F_{R12})\cos\delta_{12} - F_{kx1} \quad (1)$$

$$-F_{y11}\sin\delta_{11} - F_{y12}\sin\delta_{12} - (F_{R21} + F_{R22} + F_{R31} + F_{R32}) + (F_{x21} + F_{x22} + F_{x31} + F_{x32})$$

$$(m_{c1} + \sum_1^3 m_{Ai})(\dot{y}_{c1} + \dot{\psi}_{c1}\dot{x}_{c1}) = (F_{x11} - F_{R11})\sin\delta_{11} + (F_{x12} - F_{R12})\sin\delta_{12} \quad (2)$$

$$+ F_{y11}\cos\delta_{11} + F_{y12}\cos\delta_{12} + (F_{y21} + F_{y22} + F_{y31} + F_{y32}) - F_{ky1}$$

$$J_{zc1}\ddot{\psi}_{c1} = [(F_{x11} - F_{R11})\sin\delta_{11} + (F_{x12} - F_{R12})\sin\delta_{12} + F_{y11}\cos\delta_{11} + F_{y12}\cos\delta_{12}]l_1 \quad (3)$$

$$+ (F_{x12}\cos\delta_{12} - F_{x11}\cos\delta_{11} + F_{y11}\sin\delta_{11} - F_{y12}\sin\delta_{12} + F_{R11}\cos\delta_{11} - F_{R12}\cos\delta_{12})b_1 + F_{ky1}l_{k1}$$

$$+ (F_{x22} - F_{x21} + F_{R21} - F_{R22})b_2 + (F_{x32} - F_{x31} + F_{R31} - F_{R32})b_3 - (F_{y21} + F_{y22})l_2 - (F_{y31} + F_{y32})l_3$$

$$(m_{c2} + \sum_4^6 m_{Ai})(\ddot{x}_{c2} - \dot{\psi}_{c2}\dot{y}_{c2}) = (F_{x41} - F_{R41}) + (F_{x42} - F_{R42}) + (F_{x51} - F_{R51}) \quad (4)$$

$$+ (F_{x52} - F_{R52}) + (F_{x61} - F_{R61}) + (F_{x62} - F_{R62}) + F_{kx2}$$

$$(m_{c2} + \sum_4^6 m_{Ai})(\dot{y}_{c2} + \dot{\psi}_{c2}\dot{x}_{c2}) = F_{ky2} + F_{y41} + F_{y42} + F_{y51} + F_{y52} + F_{y61} + F_{y62} \quad (5)$$

$$J_{zc2}\ddot{\psi}_{c2} = (F_{x42} - F_{x41} + F_{R41} - F_{R42})b_4 - (F_{y51} + F_{y52})l_5 + (F_{x52} - F_{x51} + F_{R51} - F_{R52})b_5 \quad (6)$$

$$+ F_{ky2}l_{k2} - (F_{y61} + F_{y62})l_6 + (F_{x62} - F_{x61} + F_{R61} - F_{R62})b_6 - (F_{y41} + F_{y42})l_4$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

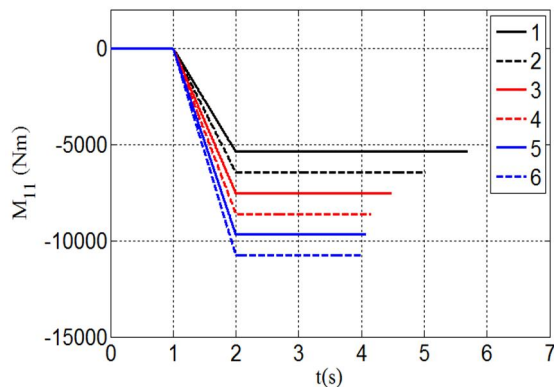
Nhóm tác giả sử dụng phần mềm Matlab-Simulink để khảo sát động lực học phanh ĐXSMMR 6 cầu, trong điều kiện đoàn xe chạy ổn định trên đường thẳng khô có hệ số bám $\varphi_{x\max} = 0,8$ ở vận tốc ban đầu là $V_0 = 80\text{km/h}$, rồi phanh với 5 mức mô men phanh $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{B\text{đm}}$ (với $M_{B\text{đm}} = F_G\varphi_{x\max}r_d$ ứng với $\varphi_{x\max} = 0,8$). Đường liền đen (1) ứng với trường hợp $M_B = 50\%M_{B\text{đm}}$; đường đứt đen (2) ứng với trường hợp $M_B = 60\%M_{B\text{đm}}$; đường liền đỏ (3) ứng với trường hợp $M_B = 70\%M_{B\text{đm}}$; đường đứt đỏ (4) ứng với trường hợp $M_B = 80\%M_{B\text{đm}}$; đường liền xanh (5) ứng với trường hợp $M_B = 90\%M_{B\text{đm}}$; đường đứt xanh (6) ứng với trường hợp $M_B = 100\%M_{B\text{đm}}$ (mô men phanh định mức là $M_{B\text{đm}} = F_G\varphi_{x\max}r_d$) [4, 7].

Thông số cơ bản của mô hình động lực học phanh ĐXSMMR 6 cầu như bảng 1.

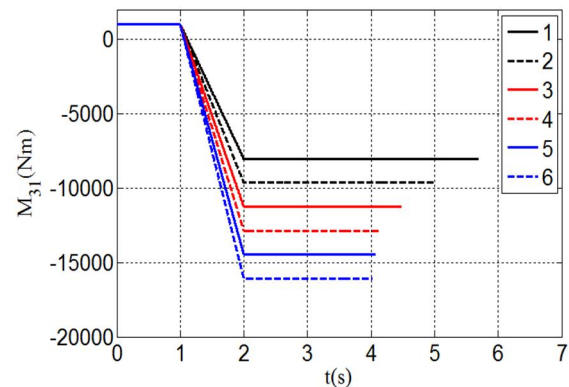
Bảng 1. Thông số cơ bản của ĐXSMMR

Thông số	Ký hiệu
Khoảng cách từ trọng tâm xe đầu kéo đến cầu 1	$l_1=3,059\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm xe đầu kéo đến cầu 2	$l_2=0,391\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm xe đầu kéo đến cầu 3	$l_3=1,691\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm xe đầu kéo đến khớp yên ngựa	$l_{k1}=1,041\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm sơ mi rơ moóc đến cầu 4	$l_4=1,9162\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm sơ mi rơ moóc đến cầu 5	$l_5=3,2262\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm sơ mi rơ moóc đến cầu 6	$l_6=4,5362\text{m}$
Khoảng cách từ trọng tâm sơ mi rơ moóc đến chốt kéo	$l_{k2}=5,6838\text{m}$
Vết bánh trước xe đầu kéo	$2b_1=2,04\text{m}$
Vết bánh sau xe đầu kéo	$2b_2=2b_3=2,17\text{m}$
Vết bánh sau sơ mi rơ moóc	$2b_4=2b_5=2b_6=1,84\text{m}$
Khoảng cách hai chốt nhíp trước xe đầu kéo	$2w_1=1,02\text{m}$
Khoảng cách hai chốt nhíp sau xe đầu kéo	$2w_2=2w_3=1,085\text{m}$
Khoảng cách hai chốt nhíp sau sơ mi rơ moóc	$2w_4=2w_5=2w_6=0,92\text{m}$
Mô men quán tính trục z của XĐK	$J_{z\text{c}1}=42184\text{kgm}^2$
Mô men quán tính trục z của sơ mi rơ moóc	$J_{z\text{c}2}=510560\text{kgm}^2$

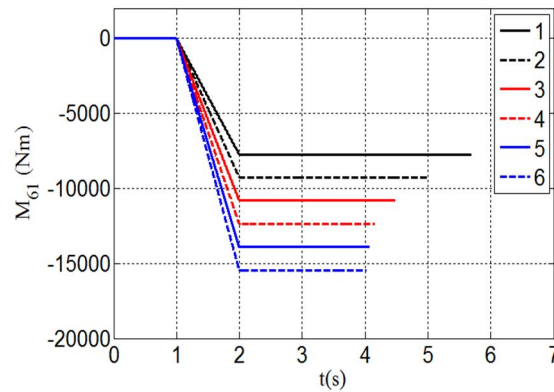
Hình 3, 4, 5 là đồ thị mô men chủ động và mô men phanh đầu vào của mô hình khảo sát ứng với trường hợp mô men phanh bằng $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\% M_{B\text{đm}}$ (với $M_{B\text{đm}} = F_G\varphi_{x\max}r_d$ ứng với $\varphi_{x\max} = 0,8$).



Hình 3. Mô men bánh xe cầu trước 11

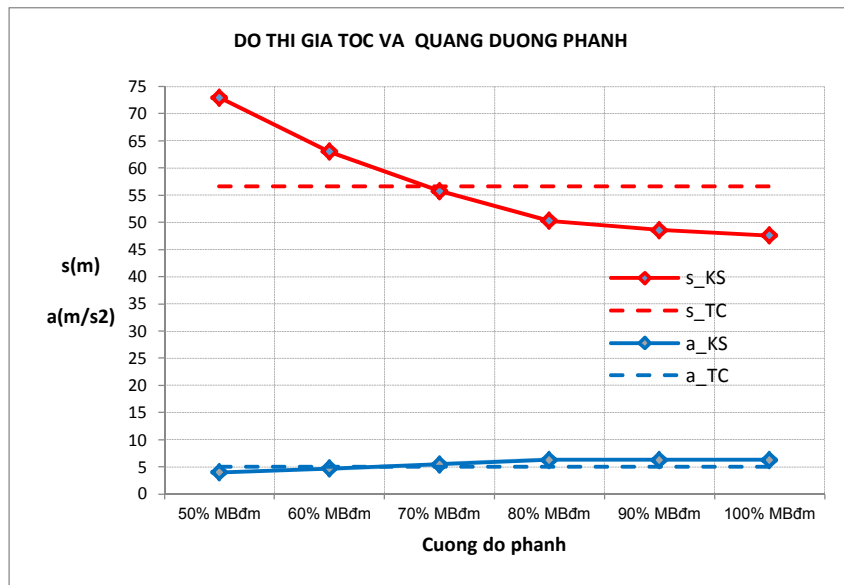


Hình 4. Mô men bánh xe cầu giữa 31



Hình 5. Mô men bánh xe cầu sau 61

Một số kết quả khảo sát ảnh hưởng của cường độ phanh đến hiệu quả phanh ĐXSMMR trên đường thẳng ở vận tốc 80 km/h như sau:



Hình 6. Đồ thị gia tốc và quãng đường phanh ĐXSMMR với 6 mức phanh ở 80km/h

Hình 6 là đồ thị gia tốc phanh và quãng đường phanh của ĐXSMMR khi chạy ở vận tốc $V_o = 80\text{km/h}$ trên đường có hệ số bám $\varphi_{x\max} = 0,8$ rồi phanh với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{B\text{đm}}$; đường liền đỏ (s_{KS}) ứng với quãng đường phanh khảo sát; đường đứt đỏ (s_{TC}) ứng với quãng đường phanh qui định theo tiêu chuẩn ECE-R13 [8]; đường liền xanh (a_{KS}) ứng với gia tốc phanh khảo sát; đường đứt xanh (a_{TC}) ứng với gia tốc phanh qui định theo tiêu chuẩn ECE-R13 [8].

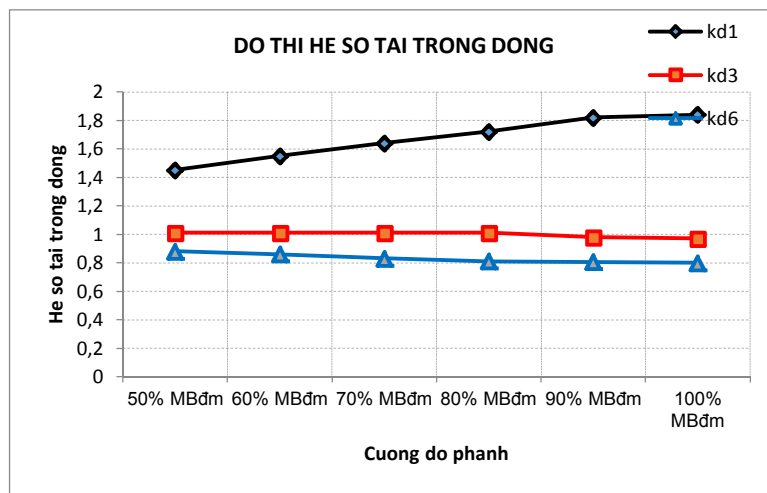
Ta thấy khi phanh ĐXSMMR ở vận tốc $V_o = 80\text{ km/h}$ trên đường $\varphi_{x\max} = 0,8$ với mức phanh $M_B = [70; 80; 90; 100]\%M_{B\text{đm}}$ thì quãng đường phanh và gia tốc phanh đạt yêu cầu của tiêu chuẩn ECE-R13 [7]; mức phanh $M_B = [50; 60]\%M_{B\text{đm}}$ thì không đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ECE-R13 [8].

Bảng 2. Bảng tổng hợp giá trị đánh giá hiệu quả phanh ĐXSMMR với 6 mức phanh ở 80 km/h

Mức phanh $M_B(Nm)$	Quãng đường phanh (m)		Gia tốc phanh (m/s^2)		Thời gian phanh (s)
	Khảo sát	Tiêu chuẩn ECE-R13	Khảo sát	Tiêu chuẩn ECE-R13	
50% $M_{Bđm}$	73,0	56,6	4,0	5,0	6,1
60% $M_{Bđm}$	63,0	56,6	4,7	5,0	5,2
70% $M_{Bđm}$	55,8	56,6	5,5	5,0	4,5
80% $M_{Bđm}$	50,3	56,6	6,1	5,0	4,0
90% $M_{Bđm}$	48,6	56,6	6,2	5,0	3,9
100% $M_{Bđm}$	47,6	56,6	6,3	5,0	3,8

Hình (7) là đồ thị hệ số tải trọng động của ĐXSMMR khi chạy ở vận tốc $V_o = 80$ km/h trên đường $\varphi_{x_{max}} = 0,8$ rồi phanh với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{Bđm}$; đường màu đen ứng (kd1) với hệ số tải trọng động của các bánh xe cầu 1; đường màu đỏ (kd3) ứng với hệ số tải trọng động của các bánh xe cầu 3; đường màu xanh (kd6) ứng với hệ số tải trọng động của các bánh xe cầu 6.

ĐXSMMR chạy trên đường có hệ số bám $\varphi_{x_{max}} = 0,8$ ở vận tốc $V_o = 80$ km/h rồi phanh với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{Bđm}$ thì hệ số tải trọng động của các bánh xe cầu 1 có giá trị $k_{d1} = [1,45 \div 1,84]$, nghĩa là khi phanh thì phản lực thẳng đứng của đường tác dụng lên các bánh xe cầu trước tăng lên khoảng từ (1,45 ÷ 1,84) lần, do hiện tượng phân bố lại tải trọng khi phanh.

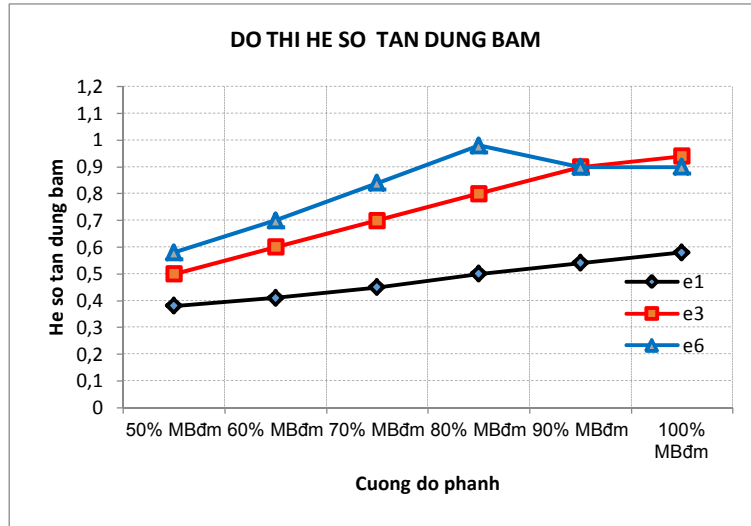


Hình 7. Đồ thị tải trọng động của ĐXSMMR với 6 mức phanh ở 80km/h

Hình 8 là đồ thị hệ số tận dụng bám của ĐXSMMR khi chạy ở vận tốc $V_o = 80$ km/h trên đường có hệ số bám $\varphi_{x_{max}} = 0,8$ rồi phanh với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{Bđm}$; đường màu đen (e1) ứng với hệ số tận dụng bám của các bánh xe cầu 1; đường màu đỏ (e3) ứng với hệ số tận dụng bám của các bánh xe cầu 3; đường màu xanh (e6) ứng với hệ số tận dụng bám của các bánh xe cầu 6.

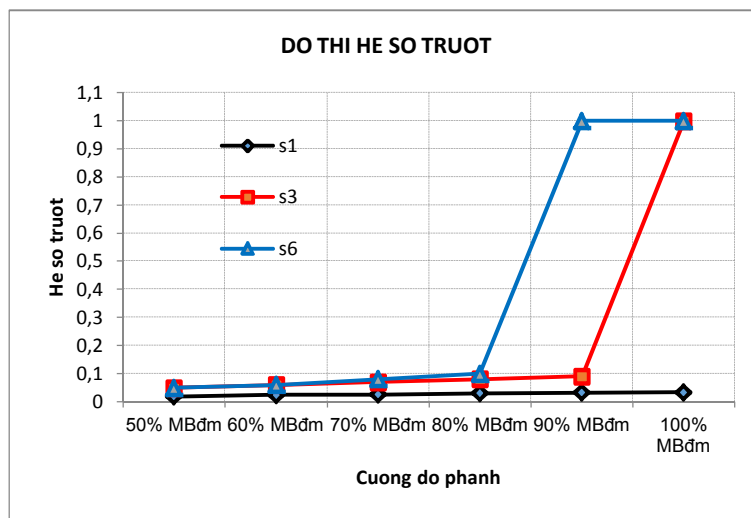
ĐXSMMR chạy ở $V_o = 80$ km/h trên đường $\varphi_{x_{max}} = 0,8$ rồi phanh với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{Bđm}$ thì hệ số tận dụng bám của các bánh xe cầu trước 1 là $e_1 = [0,38 \div 0,58]$, nghĩa là các bánh xe cầu 1 chưa tận dụng hết lực phanh (còn khoảng 42% ÷ 62%) để đạt hiệu

quả phanh cao nhất. Do đó, muốn nâng cao hiệu quả phanh trong trường hợp này ta có thể dùng điều hòa lực phanh hoặc phanh ABS để tăng lực phanh cho cầu trước. Hệ số tận dụng bám cầu 3 là $e_3 = [0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 0,94]$ và cầu 6 là $e_6 = [0,58; 0,7; 0,84; 0,98; 0,9; 0,9]$, cho thấy lực phanh cầu 6 đã vượt khả năng bám ở mức $M_B = [90; 100]\%M_{Bđm}$ nên các bánh xe bị bó cứng và trượt hoàn toàn, gây ra hiện tượng mất ổn định của đoàn xe.



Hình 8. Đồ thị hệ số tận dụng bám của ĐXSMMR với 6 mức phanh ở 80km/h

Hình 9 là đồ thị hệ số trượt của ĐXSMMR ứng với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{Bđm}$; đường màu đen (s1) ứng với hệ số trượt của các bánh xe cầu 1; đường màu đỏ (s3) ứng với hệ số trượt của các bánh xe cầu 3; đường màu xanh (s6) ứng với hệ số trượt của các bánh xe cầu sau 6.



Hình 9. Đồ thị hệ số trượt của ĐXSMMR với 6 mức phanh ở 80km/h

Hệ số trượt của các bánh xe cầu 1 nhỏ hơn 5% khi ĐXSMMR chạy ở $V_o = 80\text{km/h}$ trên đường $\varphi_{x\max} = 0,8$, phanh với 6 mức $M_B = [50; 60; 70; 80; 90; 100]\%M_{Bđm}$ nên các bánh xe làm

việc ổn. Đối với các bánh xe cầu 3 phanh với mức $M_B = 100\%M_{Bđm}$ thì hệ số trượt đạt giá trị tối đa 100%; các bánh xe cầu sau 6 khi phanh mức $M_B = [90; 100]\%M_{Bđm}$ thì hệ số trượt đạt 100%, các bánh xe bị bó cứng và trượt hoàn toàn, đoàn xe có dấu hiệu mất ổn định.

Bảng 3. Bảng tổng hợp giá trị đánh giá ổn định phanh ĐXSMMR với 6 mức phanh ở 80km/h

Mức phanh $M_B(Nm)$	Hệ số trượt			Hệ số tận dụng bám			Hệ số tải trọng động		
	s_1	s_3	s_6	e_1	e_3	e_6	k_{d1}	k_{d3}	k_{d6}
50% $M_{Bđm}$	0,019	0,05	0,05	0,38	0,5	0,58	1,45	1,01	0,88
60% $M_{Bđm}$	0,024	0,06	0,06	0,41	0,6	0,7	1,55	1,01	0,86
70% $M_{Bđm}$	0,026	0,07	0,08	0,45	0,7	0,84	1,64	1,01	0,83
80% $M_{Bđm}$	0,03	0,08	0,1	0,5	0,8	0,98	1,72	1,01	0,81
90% $M_{Bđm}$	0,032	0,09	1,0	0,54	0,9	0,9	1,82	0,98	0,805

4. KẾT LUẬN

Khi ĐXSMMR chạy thẳng ở vận tốc $V_o = 80\text{km/h}$, trên đường có hệ số bám $\varphi_{x\max} = 0,8$, phanh với cường độ $M_B = [70; 80]\%M_{Bđm}$ thì ĐXSMMR chuyển động ổn định và đạt hiệu quả phanh cao nhất; phanh mức $M_B = [50; 60]\%M_{Bđm}$ thì các bánh xe không bị trượt, đoàn xe chuyển động ổn định nhưng gia tốc phanh và quãng đường phanh không đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ECE-R13; phanh mức $M_B = [90; 100]\%M_{Bđm}$ thì gia tốc phanh và quãng đường phanh đạt yêu cầu, nhưng bánh xe cầu 3, 6 bị bó cứng và trượt hoàn toàn, đoàn xe có dấu hiệu mất ổn định.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ của Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội và Ban tổ chức Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ V trong nghiên cứu và trình bày bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Võ Văn Hường và các tác giả, 2014. *Động lực học ô tô*. NXB Giáo dục Việt Nam.
- [2]. Nguyễn Thanh Tùng, Võ Văn Hường, Nguyễn Phú Hùng, 2016. *Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ phanh đến hiệu quả phanh đoàn xe semi-romoóc*. Kỷ yếu Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về Cơ khí - Động lực 2016, trang 14-18.
- [3]. J.R. Elli, 1970. *A model of the semi-trailer vehicle including roll models*. Cranfield Intitute of Technology, Bedford, United Kingdon.
- [4]. International conference, 2008. *International conference on heavy vehicles*. HV Paris 2008.
- [5]. Reza N. Jazar, 2005. *Vehicle Dynamics*. Springer Newyork.
- [6]. Werner Schielen, 2007. *Dynamical Analysis of Vehicle Systems*. CISM Courses and Lectures, vol. 497, Springer Wien NewYork.
- [7]. Dieter Ammon, 1997. *Modellbilung und Systementwicklung in der Fahrzeug-dynamik*. B.G Teubner Stuttgart.
- [8]. Vehicle Regulations, 2004. *The international Braking Regulation of the UNO-Economic Commission for Europe*. Geneva - ECE-Regulation No. 13, ECE-R13.