

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CHỐNG ĐẠP NHẦM CHÂN GA – CHÂN PHANH

A STUDY ON SOLUTION OF PREVENTING MISTAKEN PEDAL

Nguyễn Đông, Vũ Hải Đăng, Ngô Xuân Đạt, Phạm Minh Đăng Khoa,
Phạm Anh Đức, Trương Văn Thuận*
Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu về giải pháp phòng ngừa tai nạn do lỗi đạp nhầm chân ga-chân phanh. Một cấu hình thiết bị dựa trên nguyên lý thủy lực được đề xuất có xét tới hành vi thông thường của người lái xe. Cụm thiết bị bao gồm xy lanh, van phân phối, van tiết lưu được tích hợp theo sơ đồ và kết cấu hợp lý để có thể dễ dàng bố trí lắp đặt thêm trên các phương tiện hiện hành. Quá trình tính toán, thiết kế, mô phỏng số và thực nghiệm được thực hiện dựa trên nền tảng cơ sở lý thuyết cơ học rắn và lỏng. Các đặc tính động lực như lực, áp suất làm việc, vận tốc, và lưu lượng dầu đã được tính toán nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định trong các điều kiện vận hành khác nhau. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm ban đầu cho thấy, hệ thống này có khả năng đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và an toàn đã đặt ra. Tính ổn định, bền bỉ, và tin cậy của giải pháp này có thể mang lại hiệu quả cao trong việc ngăn chặn hành vi đạp nhầm chân ga-chân phanh. Nghiên cứu này không những đóng góp một mảnh ghép hữu ích trong lĩnh vực công nghệ an toàn trên phương tiện giao thông mà còn là cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về hệ thống hỗ trợ lái xe.

Từ khóa: Đạp nhầm chân ga-chân phanh; Thiết bị thủy lực; Mô phỏng số.

ABSTRACT

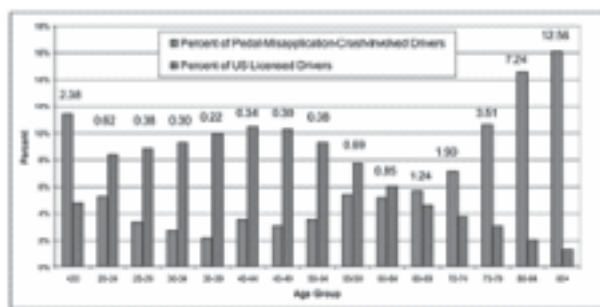
This paper presents the results of a study on preventing accidents caused by mistaken pedal (accelerator and brake). A hydraulic-based device configuration, considering common driver behavior is proposed. The device consisting of a cylinder, distribution valve, and throttle valve, were incorporated into a logical design for convenient installation on existing vehicles. Calculation process, design, numerical simulations and experiment were performed based on the theoretical foundation of solid and fluid mechanics. Dynamic characteristics such as force, working pressure, velocity, and oil flow rate were calculated to ensure the system's stable operation under various operating conditions. Initial simulation and experimental results show that the system can meet the specified technical and safety requirements. The stability, durability, and reliability of this solution can be highly effective in preventing mistaken pedal. This research offers a valuable contribution to the field of vehicle safety technology and serves as a foundation for future research on advanced driver assistance systems.

Keywords: Mistaken pedal; Hydraulic device; Numerical simulation.



1. GIỚI THIỆU

Tai nạn giao thông do đạp nhầm chân ga là một vấn đề đáng báo động và là một lỗi có tính phổ biến trên toàn thế giới, đặc biệt ở các quốc gia có mật độ phương tiện giao thông cao. Hành vi này thường xảy ra đột ngột khiến mất kiểm soát, dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng. Đây là một trong những nguyên nhân hàng đầu gây ra tai nạn giao thông và có thể xảy đến ở mọi đối tượng và lứa tuổi cũng như giới tính người lái xe. Hình 1 dưới đây thể hiện sự liên quan của tuổi tác, bằng lái tới số vụ tai nạn do nhầm bàn đạp tại Mỹ trong các năm từ 2000 đến 2010.



Hình 1. Số liệu thống kê của Cơ quan ATGT Đường cao tốc tại Mỹ [1]

Theo đó, cột màu đỏ là tỷ lệ tai nạn do nhầm bàn đạp gây ra bởi các nhóm tuổi, cột màu xanh là tỷ lệ bằng lái trong các nhóm tuổi khác nhau. Những người có tuổi dưới 20 chỉ chiếm khoảng chưa đến 5% lượng bằng lái được cấp tại Mỹ (gần 200 triệu bằng lái), nhưng gây ra tới gần 12% số vụ tai nạn do nhầm bàn đạp, gấp 2,38 lần tỷ lệ bằng lái. Đặc biệt, người có độ tuổi trên 65 thì tương quan giữa hai tỷ lệ này càng chênh lệch. Ở phía ngược lại, những người nằm trong độ tuổi 35-39 chiếm tới 10% lượng bằng lái ở Mỹ, nhưng chỉ gây ra khoảng 2% số vụ tai nạn do đạp nhầm chân ga và phanh.

Bảng 1, Bảng 2 dưới đây thống kê các

nguyên nhân và số vụ tai nạn gây ra bởi các vấn đề liên quan đến bàn đạp như trượt chân, sai bàn đạp [2].

Bảng 1. Tai nạn ô tô khi dừng đỗ

Nguyên nhân	Số lượng
Trượt chân	126
Sai bàn đạp	153

Bảng 2. Tai nạn ô tô khi đang di chuyển

Nguyên nhân	Số lượng
Trượt chân	2640
Sai bàn đạp	821

Số liệu chỉ ra rằng trong 4240 vụ tai nạn giao thông gây ra khi ô tô đang di chuyển và khi dừng đỗ. Số lượng tai nạn giao thông khi ô tô đang di chuyển có số lượng lớn hơn nhiều so với khi ô tô đang dừng đỗ (3461 so với 279).

Hiện nay đã có những nghiên cứu được đưa ra nhằm giải quyết các vấn đề nhầm lẫn chân ga – chân phanh. Đã có ý tưởng của Rickard Nilsson về việc kết hợp bàn đạp ga và phanh kết hợp với nhau [3], hệ thống các bộ phận cơ khí kết hợp với vi mạch điện tử của Nguyễn Uy Long [4]. Trong một công bố gần đây của nhóm sinh viên đến từ Đại học Bách khoa Hà Nội về giải pháp chống đạp nhầm chân ga – chân phanh sử dụng công nghệ cơ điện tử được đề xuất. Tuy nhiên, hệ thống này cần thu thập và xử lý lượng dữ liệu lớn để có thể hoạt động chính xác [5].

Trước tình hình nghiên cứu khi mà chưa có công nghệ hay giải pháp nào được đưa vào sử dụng rộng rãi, nghiên cứu này xây dựng một cấu hình thiết bị chống đạp nhầm chân ga – chân phanh hoạt động trên cơ sở thuần cơ khí. Giải pháp này có ưu điểm nhỏ gọn, bền bỉ, tin

cây, dễ sử dụng và không làm thay đổi kết cấu ban đầu của xe, hơn nữa gần như không làm thay đổi hành vi của người lái. Chi tiết về quá trình nghiên cứu, tính toán, mô phỏng và thử nghiệm được trình bày ở những phần tiếp theo.

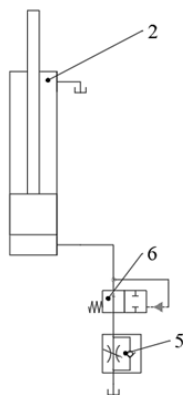
2. CẤU HÌNH HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT

Như đã được đề cập ở trên, tai nạn do lỗi đạp nhầm chân ga – chân phanh có thể xảy ra với mọi đối tượng và quá trình này thường là bị động. Do đó, các thông số động lực đặc tính của quá trình đạp ga đối với hành vi chủ động và bị động là khác biệt. Hai thông số điển hình là thời gian tác động và lực đạp của lái xe trong các trường hợp này được thể hiện ở Bảng 3 dưới đây [6].

Bảng 3. Thời gian và lực đạp

Trường hợp	Thời gian	Lực đạp
Có chủ đích	0.7 s	(20÷50) N
Bình thường	1,2 s	(20÷50) N
Khẩn cấp	1,5 s	(500÷700) N

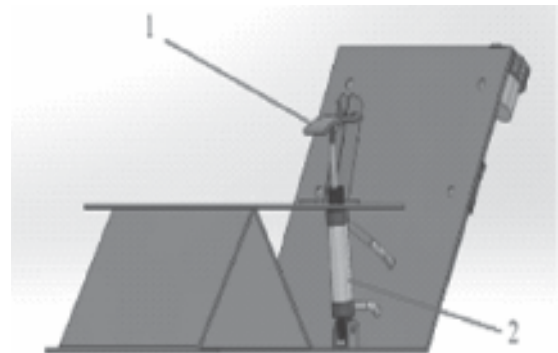
Dữ liệu trên qua phân tích cho thấy có thể xử lý bằng hướng tiếp cận thủy lực. Hình 2, Hình 3 mô tả một cấu hình thiết bị đề xuất bao gồm: bàn đạp ga (1); xy lanh (2); khớp nối (3); bể dầu (4); van tiết lưu (5); van phân phối 2/2 (6).



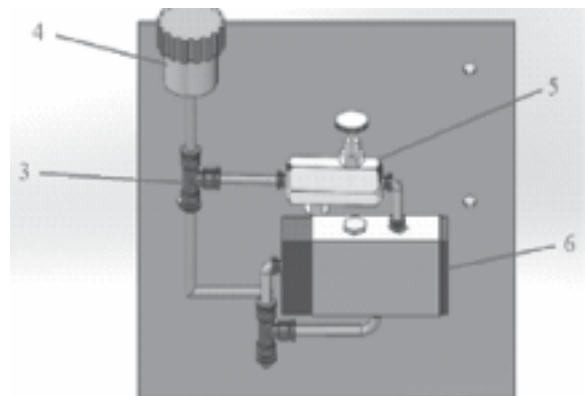
Hình 2. Mạch thủy lực của hệ thống

Hệ thống này hoạt động theo nguyên lý sau: xy lanh (2) được nối với chân ga thông qua khớp. Trong trường hợp đạp có chủ đích, dầu được luân chuyển lần lượt từ khoang không cần qua van phân phối 2/2 (6), qua van tiết lưu (5) về bể dầu (4), lúc này khoang có cần hút dầu từ bể dầu vào trong khoang làm cho cần xy lanh chuyển động nhịp nhàng. Ngược lại, ở trường hợp đạp khẩn cấp, lực đạp đột ngột tạo ra áp suất cao do quá trình đột thu qua van tiết lưu. Van phân phối 2/2 (6) sẽ được kích hoạt làm hệ thống bị khóa cứng. Lúc này, cần xy lanh không thể đi xuống.

Trên cơ sở mạch thủy khí và nguyên lý hoạt động trên, cấu hình 3D của thiết bị được xây dựng. Sơ đồ bố trí mặt trước và sau của thiết bị lần lượt thể hiện ở Hình 3a và Hình 3b.



Hình 3a. Mặt trước của hệ thống



Hình 3b. Mặt sau của hệ thống

Như vậy, với thiết kế này, cụm chống đạp nhằm chân ga – chân phanh có thể tích hợp dễ dàng trên các phương tiện hiện hành mà không làm ảnh hưởng đến kết cấu của xe, cảm giác thoải mái của người lái.

3. ĐỘNG LỰC HỌC VÀ MÔ HÌNH HÓA HỆ THỐNG

Trên cơ sở mạch nguyên lý đã được xây dựng ở phần trước, phần này tiến hành mô phỏng xây dựng các phương trình toán học để mô tả lực đạp và vận tốc đạp. Vận tốc đạp được tính bởi công thức (1):

$$v = \frac{h}{t} \quad (1)$$

Trong đó: v là vận tốc đạp (cm/s); h là hành trình đạp (cm), t là thời gian phản ứng (s).

Phương trình lưu lượng qua van tiết lưu được thể hiện ở phương trình (2).

$$q_{tl} = C_d \cdot S_{tl} \cdot \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho}} \quad (2)$$

Trong đó, q_{tl} là lưu lượng qua van tiết lưu; C_d là trở lực thủy lực; S_{tl} là tiết diện van; p_1 là áp suất đầu vào van; p_2 là áp suất đầu ra van; ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.

Phương trình khoang không cần được thể hiện ở phương trình (3).

$$q_{tl} = S \cdot \frac{dx}{dt} - \frac{V}{K_f} \cdot \frac{dp_1}{dt} \quad (3)$$

$$V = (h - x)S + V_p$$

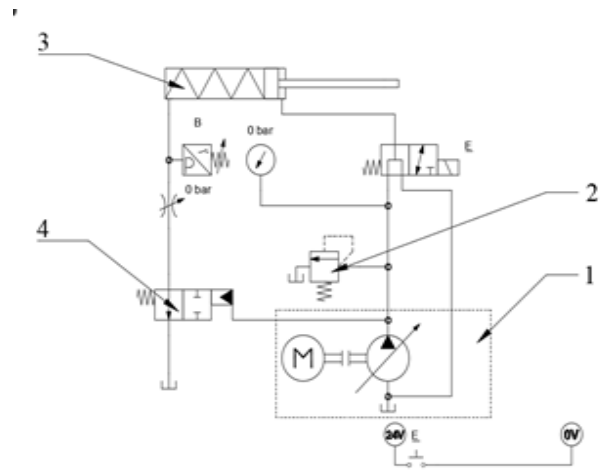
Trong đó, S là diện tích khoang không cần; K_f là hệ số đàn hồi của chất lỏng; h là hành trình xy lanh; V_p là thể tích ống dẫn với khoang không cần.

Phương trình cân bằng lực được thể hiện ở phương trình (4).

$$F_{ga} = K \cdot x + p_a \cdot S \quad (4)$$

Trong đó, K là hệ số đàn hồi của lò xo; F_{ga} là lực đạp ga; x là độ dịch chuyển của cần xy lanh; p_a là áp suất của khoang không cần.

Trên cơ sở các phương trình toán học đã được xây dựng, một mạch thủy lực được thiết kế bằng phần mềm Automation Studio để mô phỏng lực đạp và vận tốc đạp của người lái được thể hiện ở Hình 4.

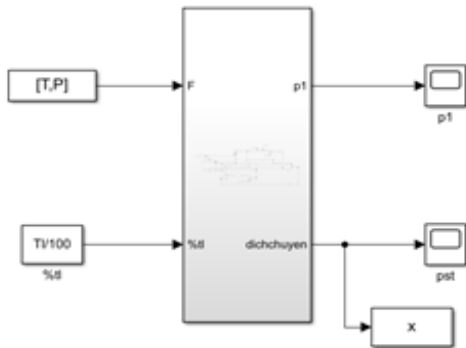


Hình 4. Mạch thủy lực mô phỏng lực và vận tốc đạp

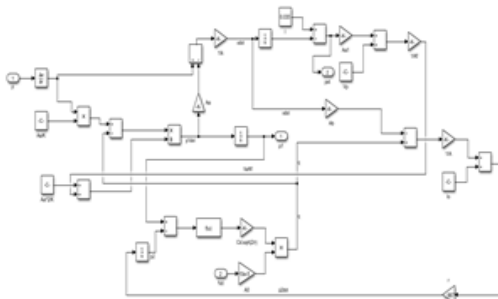
Hệ thống bao gồm: trạm nguồn thủy lực (1) cung cấp lưu lượng và áp suất vào khoang có cần của xy lanh; van an toàn thủy lực (2) dùng để cài đặt lực đạp bằng cách tính toán áp suất mở tương ứng của van an toàn; xy lanh thủy lực (3) hồi về bằng lò xo; van phân phối thủy lực 2/2 (4) dùng để khóa cứng hệ thống khi xảy ra trường hợp đạp khẩn cấp.

Dựa vào các phương trình toán học đã được xây dựng ở trên, một sơ đồ tổng quát mô phỏng độ dịch chuyển của cần xy lanh trong

trường hợp đập khẩn cấp được thực hiện bằng phần mềm Matlab/Simulink như trên Hình 5a. Trong sơ đồ này, khối mô phỏng chi tiết được làm rõ như trên Hình 5b.



Hình 5a. Sơ đồ mô phỏng tổng quát



Hình 5b. Khối mô phỏng chi tiết độ dịch chuyển của cần xy lanh

Với mô hình trình tính toán được xây dựng trong các phần mềm công nghiệp trên, thông số độ dịch chuyển của cần xy lanh, áp suất thủy lực trong hai trường hợp đập khẩn cấp và đập bình thường sẽ được khảo sát bằng tính toán số. Kết quả mô phỏng sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

4. MÔ PHỎNG SỐ VÀ KẾT QUẢ

Trong phần trước, mô hình tính toán đã được phát triển và xây dựng trên phần mềm Automation Studio và Matlab/Simulink. Phần này sẽ đưa ra kết quả mô phỏng số áp suất của

khoang không cần khi đập bình thường và đập khẩn cấp; độ dịch chuyển của cần xy lanh khi đập khẩn cấp với từng độ mở của van tiết lưu. Thông số mô phỏng của hệ thống được chỉ ra tại Bảng 4.

Bảng 4. Thông số của hệ thống

Thông số	Giá trị
Đường kính ngoài	16 (mm)
Đường kính cần	8 (mm)
Hành trình	35 (mm)
Lực đập khẩn cấp	600 (N)
Lực đập bình thường	35 (N)

Giá trị áp suất lớn nhất của khoang không cần khi đập khẩn cấp ứng với từng độ mở của van tiết lưu được thể hiện như Bảng 5.

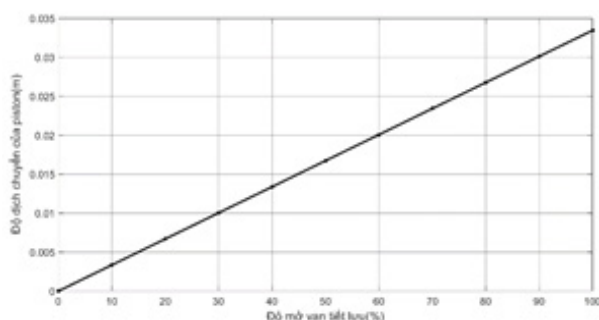
Bảng 5. Áp suất của khoang không cần khi đập khẩn cấp theo độ mở van tiết lưu

Độ mở van tiết lưu (%)	Áp suất lớn nhất (bar)
0	11.7
10	10.8
20	10
30	8.9
40	8.1
50	6.7
60	5.3
70	4.3
80	3.5
90	2.9
100	2.4



Áp suất khoang không cần ứng với giá trị độ mở van tiết lưu từ 50% đến 100% nằm trong dải áp suất hoạt động của van phân phối 2/2 là $1.5 \div 8$ (bar).

Độ dịch chuyển của cần xy lanh khi đập khẩn cấp ứng với từng độ mở van tiết lưu được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Độ dịch chuyển của cần xy lanh

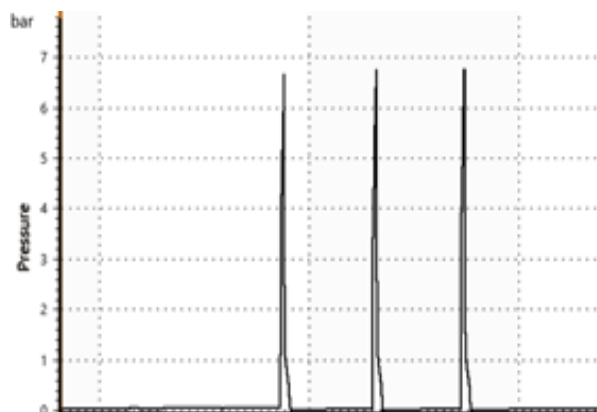
Ứng với từng giá trị độ mở của van tiết lưu từ 0% ÷ 100%, độ dịch chuyển của cần xy lanh tăng dần từ 0 ÷ 0.034 (m). Để đáp ứng yêu cầu của hệ thống là áp suất nằm trong dải áp suất hoạt động của van phân phối 2/2 và độ dịch chuyển của cần xy lanh là tối thiểu nhất. Căn cứ vào số liệu của Bảng 5 và Hình 6, lựa chọn khảo sát hệ thống ở giá trị độ mở của van tiết lưu là 50%.

Hình 7a, Hình 7b lần lượt là áp suất khoang không cần khi đập thường và khi đập khẩn cấp với độ mở tiết lưu là 50%.



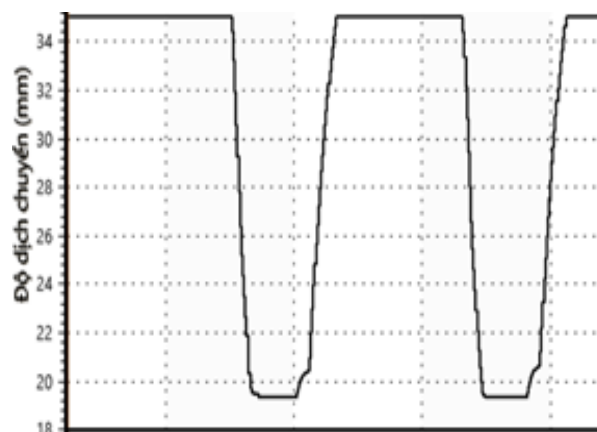
Hình 7a. Áp suất khoang không cần khi đập bình thường

Khi đập với lực đập bình thường, áp suất khoang không cần tăng từ từ đến áp suất ổn định. Khi không tác dụng lực đập, nhờ vào lực đàn hồi của lò xo ở xy lanh và bàn đập ga, sự thay đổi thể tích đồ tạo ra áp suất chân không.



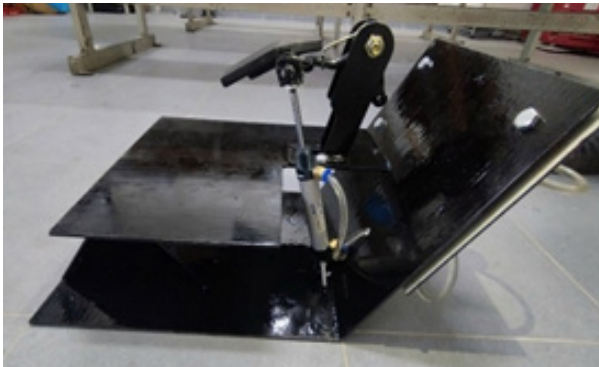
Hình 7b. Áp suất khoang không cần khi đập khẩn cấp

Khi tác dụng lực đập đột ngột, xung áp suất tăng vọt làm kích van phân phối 2/2. Lúc này cần xy lanh bị khóa cứng. Độ dịch chuyển của cần xy lanh được thể hiện ở Hình 8.

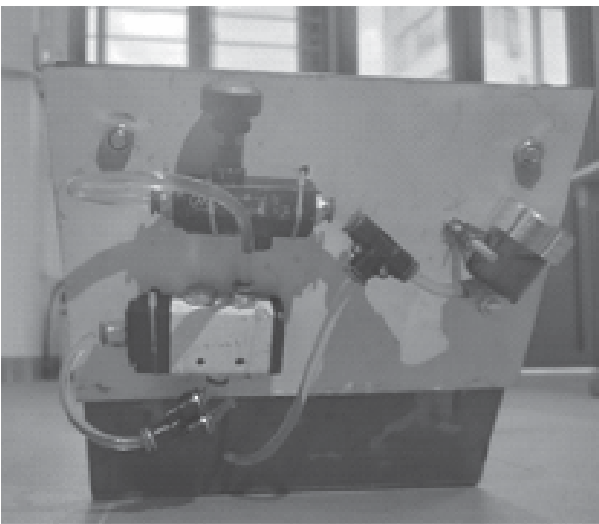


Hình 8. Độ dịch chuyển của cần xy lanh khi đập khẩn cấp

Sau khi tiến hành mô phỏng số, một mô hình thử nghiệm đã được chế tạo để đánh giá hiệu quả và tính khả thi của hệ thống. Hình 9a và Hình 9b dưới đây là hình ảnh mô hình thử nghiệm của hệ thống.



Hình 9a. Mặt bên mô hình thử nghiệm



Hình 9b. Mặt sau mô hình thử nghiệm

Kết quả thực nghiệm cho thấy hệ thống đã hoạt động đúng nguyên lý mong muốn và kết quả mô phỏng. Hệ thống hoạt động ổn định và tin cậy giúp cho người lái nhận thức được đã đạp nhầm và nhanh chóng chuyển sang bàn phanh.

5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Nghiên cứu đã phát triển thành công một hệ thống chống đạp nhầm chân ga-chân phanh. Cụm thiết bị với kết cấu đơn giản có thể lắp lên mọi loại xe. Giải pháp này sử dụng nguyên lý thuần cơ khí, đảm bảo sự đơn giản và tính bền bỉ trong quá trình sử dụng. Thiết kế

nhỏ gọn giúp giải pháp này dễ dàng được tích hợp vào các phương tiện hiện hành mà không làm thay đổi hành vi của người lái. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho những nghiên cứu và thử nghiệm sâu hơn hướng tới đưa giải pháp vào ứng dụng rộng rãi. ❖

Ngày nhận bài: 26/7/2024

Ngày phản biện: 16/9/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. “Tai nạn do đạp nhầm chân ga, ai dễ dính nhất”, 14/2/2015. [Online]. Available: <https://laodong.vn/archived/tai-nan-do-dap-nham-chan-ga-ai-de-dinh-nhat-725785.ldo>.
- [2]. R. A. Schmidt and D. E. Young, “Cars gone wild: the major contributor to unintended”. Frontiers in Psychology, 2010.
- [3]. R. Nilsson, “Evaluation of a combined brake–accelerator pedal”. ScienceDirect, vol. 34, no. 2, pp. 175-183, 2002.
- [4]. N. Phương, “Nguyễn Long Uy Bảo cùng bạn sáng chế bộ chống nhầm chân ga”, 22/4/2018. [Online] Available: <https://vtcnews.vn/nguyen-long-uy-bao-cung-ban-sang-che-bo-chong-nham-chan-ga-ar395531.html>.
- [5]. Sy-Le Ho, Xuan-Giao Nguyen, Van-Hop Pham, Tien-Bang Nguyen, Van-Thuan Truong, “A study on anti-pedal error system in car based on hydraulic approach”. In AUN/SEED-Net Joint Regional Conference in Transportation, Energy and Mechanical Manufacturing Engineering – RCTEMME 2021, 2021.
- [6]. M. Green, “How long does it take to stop?”. Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times, Transportation Human Factors, pp. 195-216, 2000.