

# TÍNH TOÁN, XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA CABIN NÂNG XE CHO TRẠM ĐỖ Ô TÔ CON NHIỀU TẦNG DẠNG XOAY VÒNG

DETERMINATION OF CABIN'S BASIC PARAMETERS FOR ROTARY CAR PARKING SYSTEM

Nguyễn Thiết Lập\*, Phạm Trung Dũng

## TÓM TẮT

Bài báo đề cập tới phương án thiết kế cabin của trạm đỗ xe ô tô con nhiều tầng dạng quay vòng và tính toán các thông số quan trọng của cabin. Phương án thiết kế cabin đảm bảo cho việc đưa ô tô vào ra thuận tiện, phù hợp với không gian nhỏ hẹp và thuận tiện để bố trí cơ cấu truyền động. Các thông số quan trọng được tính toán trên tiêu chí giảm kích thước và trọng lượng của cabin, nhưng vẫn đảm bảo độ bền khi làm việc ở các chế độ khác nhau.

**Từ khóa:** Trạm đỗ xe nhiều tầng, trạm đỗ xe quay vòng, cabin nâng xe, sàn cabin, thông số sàn cabin.

## ABSTRACT

This paper presents the plan of designing the cabin of a rotary multi-storey car parking station and calculating the important parameters of the cabin. The plan of cabin design ensures the convenient access to the car in and out, suitable for a small and convenient space to arrange the transmission mechanism. Important parameters are calculated on the criteria to reduce the size and weight of the cabin, but still ensure durability when working in different modes.

**Keywords:** Multi-storey car parking station, rotary car parking, car cabin, cabin floor, cabin floor parameters.

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

\*Email: thietlap.nguyen@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/02/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/3/2019

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2019

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trạm (block) đỗ xe nhiều tầng đang là giải pháp hữu hiệu cho các thành phố lớn, mật độ dân cư cao như Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh trong việc giải quyết giao thông tĩnh. Thông thường, mỗi trạm đỗ xe có thể chứa từ 6 đến 15 xe trong khoảng diện tích dưới 35 mét vuông [1]. Các trạm đỗ xe nhiều tầng dạng quay vòng có thể được làm nổi trên mặt đất, hoặc làm nửa chìm nhằm giảm thời gian đưa xe vào ra [2]. Trạm đỗ xe dạng quay vòng thường được vận hành bằng nguồn điện lưới hoặc điện mặt trời [3].

Tùy theo chiều cao, mỗi trạm đỗ xe nhiều tầng sẽ có số lượng cabin nâng xe phù hợp. Cabin nâng xe của trạm đỗ

xe nhiều tầng là một bộ phận chuyển động thường xuyên. Bộ phận này phải có khả năng nâng được cả ô tô và di chuyển lên xuống với tốc độ tương đối cao. Ngoài ra, nó còn phải chịu được các tác động bên ngoài khác như gió ngang và lực quán tính khi chuyển động. Mặt khác, khối lượng cabin cần phải nhỏ để giảm tải cho toàn trạm. Vì vậy, việc tính toán, xác định các kích thước của cabin để vừa đảm bảo khả năng chịu lực, vừa giảm trọng lượng và diện tích là việc khó khăn. Các thông số tính toán cần phải được kiểm nghiệm qua thực tế.

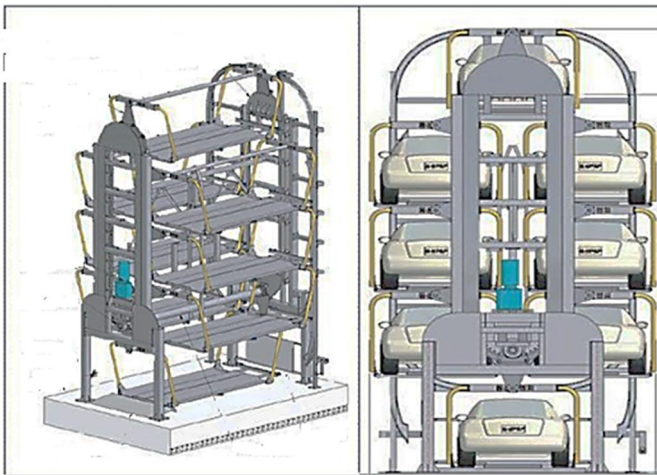
## 2. PHƯƠNG ÁN THIẾT KẾ TRẠM ĐỖ XE NHIỀU TẦNG

Hệ thống đỗ xe tự động nhiều tầng kiểu xoay vòng đứng là một loại máy công tác thuộc hệ thống máy nâng chuyển dùng để thay đổi vị trí các đối tượng nhờ các thiết bị mang vật trực tiếp dạng pallet. Hệ thống chủ yếu dùng để phục vụ vận chuyển ô tô là dạng vật thể khối, có chế độ làm việc ngắn hạn, lặp đi lặp lại và có thời gian dừng, chuyển động chính của hệ thống là nâng hạ ô tô theo phương đứng và di chuyển theo phương ngang. Bằng sự phối hợp nhịp nhàng giữa các cơ cấu nâng và cơ cấu di chuyển khiến cho việc sắp xếp ô tô được thuận tiện và có độ chính xác rất cao. Hệ thống điều khiển của trạm được kết hợp giữa điều khiển điện và truyền động cơ khí. Để sự phối hợp này đơn giản và chính xác, trạm đỗ sẽ sử dụng hệ thống lập trình PLC và các cảm biến.

Hệ thống đỗ xe xoay vòng đứng được lắp đặt trên mặt đất, phù hợp cho mặt bằng nhỏ hẹp. Cơ cấu nâng pallet tương tự như kết cấu của thang cuốn. Thang cuốn ở đây thuộc loại xích tải, có thể nâng/hạ pallet liên tục theo vòng tròn đứng. Việc dịch chuyển trên mỗi tầng được thực hiện nhờ cơ cấu nâng hạ chuỗi pallet theo từng nhịp, mỗi bước dịch chuyển bằng chiều rộng của tám pallet, chúng dừng lại khi thẳng hàng với pallet trên cơ cấu nâng. Cơ cấu công tác của tám pallet khi dịch chuyển đứng và ngang là cơ cấu tháo khớp. Khớp liên kết truyền lực các tám pallet khi chúng dịch chuyển đứng. Khi tám pallet dịch chuyển đứng thì khớp giữa các tám pallet tự phân khai. Đường lưu chuyển của hệ thống này là vòng tròn khép kín giữa tầng này với tầng khác kết hợp. Bãi đỗ xe gồm nhiều trạm, số tầng tối ưu của loại bãi xe này là từ 4 đến 10

tầng, số xe chứa tối đa là khoảng 40 xe. Nếu mỗi trạm chứa 10 xe thì hệ thống có kết cấu gồm 5 tầng, mỗi tầng có 2 vị trí để xe. Điều khiển tự động bằng PLC (Programmable Logical Controller) hoặc các loại phần mềm khác. Khung chịu lực của hệ thống là kết cấu thép hay bằng bê tông. Khách hàng tự đưa xe vào và lấy xe ra khỏi nơi đỗ.

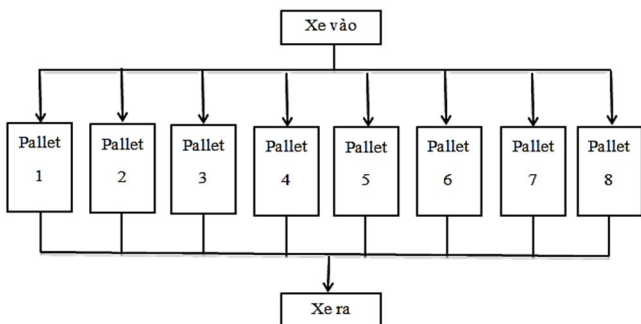
Phương án thiết kế là mỗi trạm gồm 8 chỗ để xe, là 1 hệ thống xoay vòng đứng. Động cơ nâng hạ hệ thống là động cơ xoay chiều không đồng bộ ba pha roto lồng sóc, điều khiển thông qua khởi động mềm (tốc độ di chuyển thấp, không cần điều chỉnh tốc độ). Có còi báo nguy hiểm; cảm biến nhận biết xe vào, xe ra; cảm biến báo an toàn cho hệ thống (hình 1).



Hình 1. Bố trí chung của mỗi trạm đỗ xe [4]

Cửa ra vào của xe ô tô được đặt ở giữa hệ thống. Số tầng phục vụ của hệ thống gồm 4 tầng, mỗi tầng 2 chỗ. Trạm đỗ xe được thiết kế phù hợp với các loại xe du lịch 4 chỗ, được sử dụng để giữ các loại xe có trọng lượng dưới 2500kg và chiều cao tối đa của xe là 1550 mm. Tốc độ xoay của hệ thống vào khoảng 0,5m/s. Trạm được điều khiển bằng bộ điều khiển PLC S7-200.

Sơ đồ lưu chuyển của các tấm pallet trong hệ thống như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của trạm đỗ xe

### 3. TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ CABIN NÂNG XE

#### 3.1. Xác định các thông số cơ bản của cabin

Cabin là một hệ thống kết cấu bao gồm sàn công tác, kết cấu dầm treo kết hợp sàn cabin (pallet) nhằm tạo ra ra

vị trí để chứa ô tô. Tùy vào yêu cầu thiết kế, sẽ có số lượng cabin tương ứng. Các cabin này, được treo bằng xích dẫn động toàn hệ thống tựa trên 2 đầu ổ trục, có góc nghiêng so với phương thẳng đứng không vượt quá  $15^{\circ}$ .

Mặt sàn cabin được thiết kế theo dạng có gân tăng cứng ở giữa, bắt buộc phải có thêm các gờ để có thể định vị được xe ở đúng giữa tâm mặt sàn, tránh hiện tượng trôi xe trên mặt sàn khi nâng hạ. Các mặt sàn cabin sẽ phải liên kết chắc chắn hệ thanh đỡ để có thể dễ dàng tự cân bằng tải trong quá trình nâng hạ ô tô, tạo thành một khối bảo vệ cho ô tô.

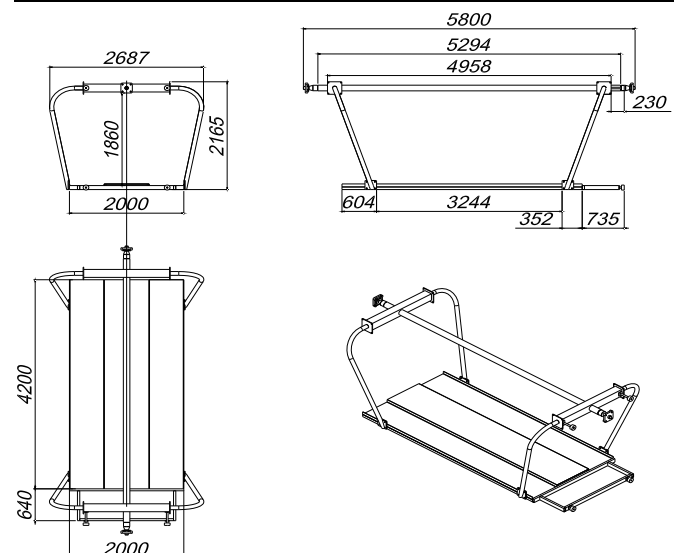
Pallet đỡ là nơi tập trung tải trọng từ ô tô, là nơi tiếp nhận ô tô từ mặt sàn thấp nhất và đưa lên, đưa xuống theo phương thẳng đứng. Do tính chất của hệ thống là chở ô tô con nên kết cấu đòi hỏi độ bền và độ ổn định cao theo tiêu chuẩn Việt Nam. Kết cấu của sàn đỡ bao gồm các thanh thép hình liên kết với nhau và có kích thước phù hợp về độ an toàn và không gian cho phép.

Do yêu cầu phải gọn nhẹ, đảm bảo độ bền, độ ổn định, và có tính kinh tế nên thép được chọn là thép hình CCT38Mn theo TCVN1654:75 làm kết cấu khung chính cho sàn đỡ. Ngoài ra để phủ mặt sàn pallet chọn thép tấm SS400 theo tiêu chuẩn JIS.

Kích thước của cabin phải đảm bảo cho xe ô tô 4 chỗ loại P theo Tiêu chuẩn Việt Nam, ra vào dễ dàng, không bị vướng trong quá trình đưa xe vào cabin. Lấy các kích thước bao của xe Toyota Camry 2.4G 2004 là cơ sở cho thiết kế cabin, ta có các kích thước bao của xe như bảng 1.

Bảng 1. Kích thước bao của xe làm mẫu

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều dài	mm	4825
2	Chiều rộng	mm	1810
3	Chiều cao	mm	1515
4	Chiều dài cơ sở	mm	2720
5	Khoảng sáng gầm xe	mm	165
6	Trọng lượng không tải	kg	1400



Hình 3. Kết cấu cabin nâng xe

Từ những yêu cầu đặt ra cho cabin xe là cần đảm bảo cho xe ô tô con ra vào dễ dàng, thuận tiện, bên cạnh đó là đảm bảo các yêu cầu kĩ thuật về độ bền, độ an toàn. Qua nghiên cứu, tham khảo, các tác giả đã thiết kế các kích thước tổng thể của cabin nâng xe như hình 3.

**3.2. Tính toán, kiểm tra bền cabin**

Các chi tiết thang máy chia làm hai nhóm: Nhóm các chi tiết luôn luôn làm việc trong thời gian thang máy hoạt động; và nhóm các chi tiết chỉ làm việc khi thang máy xảy ra sự cố.

Khi tính toán các chi tiết ở nhóm thứ nhất thì phải tính đến khả năng làm việc của chúng trong các trường hợp sau: Tải danh nghĩa (Trường hợp 1); Thử tải thang máy để đưa vào sử dụng khi khám nghiệm kỹ thuật (vượt tải 150 ÷ 200%, Trường hợp 2).

Nguyên tắc chung tính bền thang máy dựa vào ứng suất cho phép:  $\sigma_{max} \leq [\sigma] = \frac{[\sigma_n]}{n}$

Trong đó:  $\sigma_{max}$  là ứng suất lớn nhất tác dụng lên chi tiết;  $[\sigma]$  là ứng suất cho phép;  $[\sigma_n]$  là ứng suất nguy hiểm của vật liệu lấy theo giới hạn bền, giới hạn mỏi hoặc giới hạn chảy trong từng trường hợp tính toán; n là hệ số an toàn nhỏ nhất cho phép.

Trường hợp 1, khi có tải trọng danh nghĩa tác dụng, tải trọng động khi thang máy việc là:

$$Q_t = Q \cdot k_d; \quad G_t = G_b \cdot k_d$$

Trong đó: Q là tải trọng định mức, Q = 2650kg = 26000N; G<sub>b</sub> là khối lượng cabin, G<sub>b</sub> = 999kg = 9800N; a là gia tốc chuyển động của cabin, a = 1,5m/s<sup>2</sup>; g là gia tốc trọng trường g = 9,81m/s<sup>2</sup>; k<sub>d</sub> là hệ số động, được xác định theo công thức:

$$k_d = 1 + \frac{a}{g} = 1 + \frac{1,5}{9,81} = 1,15$$

$$Q_t = 26000 \cdot 1,15 = 29900N; \quad G_t = 9800 \cdot 1,15 = 11270N$$

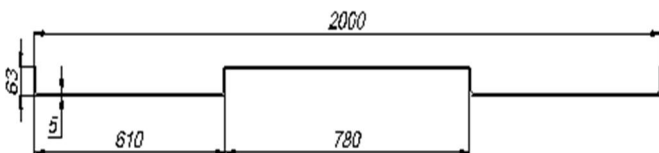
Trường hợp 2, khi sàn đỡ chịu tải trọng lúc khám nghiệm thang nâng để xin cấp phép sử dụng.

$$Q_t = Q \cdot k_{qt}; \quad G_t = G_b \cdot k_{qt}$$

Trong đó: k<sub>qt</sub> là hệ số quá tải, đối với thang máy dùng xích làm dây kéo lấy k<sub>qt</sub> = 1,5.

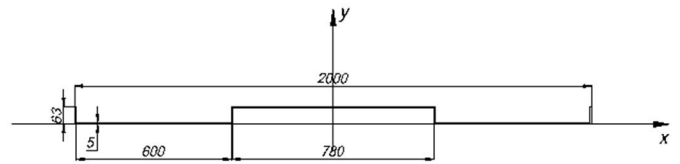
$$Q_t = 39000N; \quad G_t = 14700N$$

Kiểm tra bền sàn cabin: Khi ô tô đỗ trên cabin thì mặt sàn là nơi đặt toàn bộ trọng lượng của xe, vì vậy cần tiến hành kiểm tra độ bền, độ võng của sàn xe. Sàn cabin được chế tạo từ thép tấm CT3 theo tiêu chuẩn GOST 380 - 89, có  $\sigma_b = 460N/mm^2$ ,  $\sigma_{ch} = 225N/mm^2$  và có kích thước bao là 4200x2000x5 mm (hình 4).



Hình 4. Kết cấu pallet cabin nâng xe

Đặc trưng hình học của mặt cắt ngang (hình 5):



Hình 5. Mặt cắt ngang pallet

Chọn mặt phẳng sàn đáy là mặt phẳng chuẩn để tính toán của tấm thép. Xét mặt cắt ngang được chia làm 7 thành phần với các thông số hình học được tính toán như bảng 2.

Bảng 2. Các thông số hình học của pallet cabin

TT	b x h (cm)	F (cm <sup>2</sup> )	W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	J <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>c</sub> (cm)
1	0,5 x 6,3	3,15	3,31	10,42	3,15
2	60 x 0,5	30	2,50	0,63	0,25
3	0,5 x 6,3	3,15	3,31	10,42	3,15
4	78 x 0,5	39	3,25	0,81	6,05
5	0,5 x 6,3	3,15	3,31	10,42	3,15
6	60 x 0,5	30	2,50	0,63	0,25
7	0,5 x 6,3	3,15	3,31	10,42	3,15

Momen tĩnh mặt cắt ngang đối với trục tọa độ x tính theo công thức:

$$S_x = S_i = \sum_{i=1}^n y_{ci} F_i$$

Trong đó: F<sub>i</sub> là diện tích mặt phẳng nhỏ thứ i, [cm<sup>2</sup>]; y<sub>ci</sub> là tọa độ trọng tâm ci của diện tích F<sub>i</sub>, [cm];

Ta có: S<sub>x</sub> = 290,640 cm<sup>3</sup>.

Vị trí trục quán tính chính trung tâm x-x:

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ci} F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} = \frac{290,640}{111,6} = 2,604 \text{ cm}$$

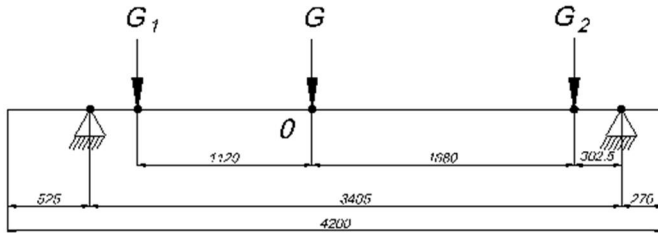
Momen quán tính của mặt cắt ngang:

$$J_x = \sum J_i + \sum F_i \cdot |y_c - y_{ci}|^2 = 43,74 + 799,357 = 843,097 \text{ cm}^4$$

Momen chống uốn của mặt cắt ngang pallet:

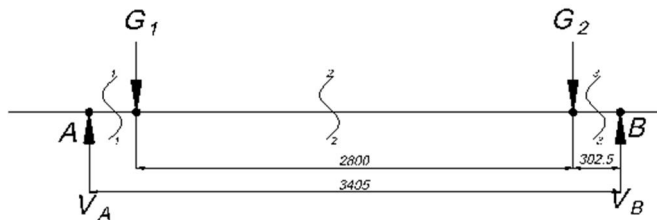
$$W_x = \frac{J_x}{y_{max}} = \frac{843,097}{6,3 - 2,604} = 228,11 \text{ cm}^3$$

Giả thiết đặt ra là xe đứng yên trên mặt sàn, bánh xe đặt đúng vị trí, trọng tâm của xe ở điểm O. Khoảng cách giữa 2 cầu là L<sub>0</sub> = 2800 mm, b = 1680 mm, a=1120 mm; khoảng cách giữa hai gối l = 3405 mm chính là khoảng cách lắp tay treo cabin với sàn. Ta có, tải trọng của xe khi đỗ trên cabin là G = 2600 kg, do khối lượng phân bố lên các cầu xe là không giống nhau, hơn nữa xe con thường có động cơ đặt đằng trước nên ta có thể giả thiết tải trọng của xe đặt lên cầu trước - cầu sau lần lượt là 60% và 40% hay ta có G<sub>1</sub> = 1560kg, G<sub>2</sub> = 1040kg. Sơ đồ phân bố trọng lượng xe lên pallet cabin như hình 6.



Hình 6. Phân bố trọng lượng xe lên pallet cabin

Giả thiết bài toán: Sàn cabin chỉ chịu mô men uốn do tải trọng của xe ô tô đỗ trên cabin gây ra. Ta có thể quy sàn cabin về một thanh dầm liên tục và thực hiện tính toán kiểm tra bền. Sơ đồ tính toán mô men trên pallet như hình 7.



Hình 7. Sơ đồ tính mô men trên pallet

Giải hệ phương trình tìm phản lực ở 2 gối A và B:

$$\begin{cases} V_A + V_B = G_1 + G_2 \\ 3405V_B = 302,5G_1 + 3102,5G_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A = 15138 \\ V_B = 10862 \end{cases} \text{ (N)}$$

Lần lượt đi xét các mặt cắt để tính mô men uốn do tải trọng gây ra:

- Xét mặt cắt (1-1), với  $0 \leq z < 302,5$  mm:

$$M_{x1} = V_A \cdot z = 15138 \cdot 302,5 = 4579245 \text{ (N.mm)},$$

tại  $z = 302,5$  mm.

- Xét mặt cắt (2-2), với  $302,5 \leq z < 3102,5$  mm:

$$M_{x2} = V_A \cdot z - G_1(z - 302,5) = 3285645 \text{ (N.mm)},$$

tại  $z = 3102,5$  mm.

- Xét mặt cắt (3-3), với  $3102,5 \leq z < 3405$  mm:

$$M_{x3} = V_B \cdot z = 10862 \cdot 302,5 = 3285755 \text{ (N.mm)},$$

tại  $z = 3102,5$  mm.

Nhận thấy tại vị trí cầu trước có mô men uốn lớn nhất là:

$$M_x = 4579245 \text{ N.mm}$$

Tiến hành kiểm tra bền cho sàn cabin tại vị trí này. Ứng suất lớn nhất do mô men uốn gây ra là:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{x\max}}{W_x} = \frac{4579245}{228,11.100} = 200,74 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\Rightarrow \sigma_{\max} < [\sigma] = 460 \text{ N/mm}^2$$

Sau khi tính toán, thiết kế, mẫu cabin được chế tạo đi và tiến hành thử nghiệm. Kết quả thử nghiệm cho thấy cabin hoàn toàn đáp ứng yêu cầu đặt ra (hình 8).



Hình 8. Thử nghiệm cabin nâng xe thực tế

#### 4. KẾT LUẬN

Cabin để xe đã được tính toán các thông số kích thước và kiểm tra bền trong các điều kiện làm việc khác nhau. Sau khi tính toán, thiết kế, cabin này đã được chế tạo và lắp đặt trên một trạm để xe hoàn chỉnh. Việc thử nghiệm đã khẳng định tính hợp lý và khả năng chịu tải của cabin theo các tiêu chuẩn nước ngoài hiện nay [5]. Như vậy, các tính toán thiết kế là hoàn toàn phù hợp. Với việc kiểm nghiệm thành công, chúng ta hoàn toàn có thể đưa vào chế tạo, sản xuất cabin thương mại.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông Vận tải.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Pushpender Raman, Ashish Kumar, Abhishek kumar, Rajesh Prasad Kushwaha Praveen AV, KS Badarinarayan, 2016. *Rotary Automated Car Parking System*. International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 5, p.1788-1791.
- [2]. A. Skrzyniowski, 2016. *Modelling and optimization of rotary parking system*. Scientific Conference on Automotive Vehicles and Combustion Engines (KONMOT 2016).
- [3]. Md. Rahman, Lily Lee, Christian Costa and Abdellah Aitelmouden, 2014. *Rotary Parking Tower with an Electrical Station*. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 1, Issue 9, p.141-144.
- [4]. Saad Eldin Suliman Yousif Ali, 2016. *Implementation and Simulation of Rotary Automated Car Parking System*. Thesis of M.Sc., Sudan University of Science and Technology College.
- [5]. ACT Parliamentary Counsel, 2008. *Parking and Vehicular Access General Code*. Australia.

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Thiet Lap, Pham Trung Dung**

Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications