

# XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG ĐỘNG TÁC DỤNG LÊN BÁNH XE BẰNG THỰC NGHIỆM

## DETERMINATION OF DYNAMIC LOAD ACTING ON THE WHEEL BY EXPERIENCE

NGUYỄN VĂN TRÀ\*, NGUYỄN SĨ ĐÌNH

Khoa Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

\*Email liên hệ: albert\_nvtra@yahoo.com.vn

### Tóm tắt

Trong quá trình ô tô chuyển động trên đường ngoài tác động của tải trọng tĩnh bánh xe còn chịu tác động của các tải trọng động. Các tải trọng động phát sinh có thể do dao động khi ô tô chuyển động trên đường không bằng phẳng, do lực ly tâm khi quay vòng, do phanh hoặc tăng tốc gây ra,... Khi xác định tải trọng động tác dụng lên bánh xe thường xét các trường hợp chuyển động đơn lẻ. Tuy nhiên, chuyển động của ô tô trên đường thường là phức tạp. Bài báo trình bày một phương pháp xác định tải trọng động tác dụng lên bánh xe bằng thực nghiệm. Với phương pháp này cho phép xác định tải trọng động tác dụng lên bánh xe ở bất kỳ trạng thái chuyển động nào. Kết quả thực nghiệm có thể tham khảo hữu ích cho các nhà thiết kế, khai thác sử dụng, mô phỏng động lực học ô tô và thiết kế đường giao thông.

**Từ khóa:** Tải trọng động, bán kính động lực học, dao động ô tô.

### Abstract

During the car's motion on the road, in addition to the impact of static loads, the wheels are also affected by dynamic loads. Dynamic loads can be caused by vibration when the vehicle is moving on uneven roads, by centrifugal force during rotation, by braking or by accelerated process... When determining the dynamic load acting on the wheel, usually single motion cases are considered. However, the movement of cars on the road is often complicated. This paper presents a method to determine the dynamic load acting on the wheel by experiment. With this method it is possible to determine the dynamic load acting on the wheel in any state of motion. Experimental results can be useful references for automotive designers, operators, car dynamics simulation and road designers.

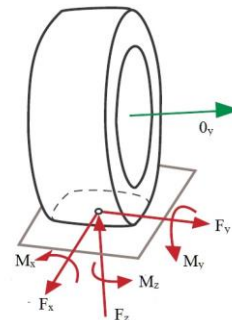
**Keywords:** Dynamic load, dynamic radius, car vibration.

### 1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu động lực học các quá trình chuyển động của ô tô chính là xây dựng mối quan hệ giữa các tham số đầu vào bao gồm: Các thông số về đường (hệ số bám, hệ số cản lăn, chiều cao mấp mô mặt đường,...), thông số kết cấu của ô tô (công suất, mô men, các thông số hệ thống,...), thông số điều khiển của người lái (chân ga, phanh, vành tay lái và tay số truyền) với các thông số đầu ra theo yêu cầu của từng bài toán nhằm kiểm soát vận tốc và hướng chuyển động của ô tô. Vận tốc và hướng chuyển động của ô tô chỉ có thể kiểm soát được khi tồn tại mối quan hệ động học, động lực học giữa bánh xe mà cụ thể là lốp xe với mặt đường. Mối quan hệ động lực học của bánh xe với mặt đường được thể hiện trên Hình 1. Các thành phần lực ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) và mô men ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ) tác dụng trên các trục tương ứng  $x$ ,  $y$  và  $z$ , trục  $Oy$  là trục quay của bánh xe. Mối quan hệ giữa các thành phần lực và mô men là khá phức tạp, nó phụ thuộc vào trạng thái mặt đường và trạng thái chuyển động của bánh xe. Giá trị cực đại của các lực theo phương  $x$ ,  $y$  đều phụ thuộc vào giá trị của lực theo phương  $z$  ( $F_z$ ). Nghĩa là:

$$F_{x\max} = F_z \cdot \varphi_x \text{ và } F_{y\max} = F_z \cdot \varphi_y \quad (1)$$

Trong đó:  $\varphi_x$  và  $\varphi_y$  là các hệ số bám dọc và bám ngang của lốp xe với mặt đường.



Hình 1. Các lực, mô men tác dụng tại vị trí tiếp xúc giữa bánh xe với mặt đường

Đối với loại đường xác định các hệ số bám  $\varphi_x$  và  $\varphi_y$  thường biến thiên liên tục và nằm trong giới hạn (0;1). Như vậy khả năng tiếp nhận và truyền các lực theo phương dọc, ngang phụ thuộc rất nhiều vào tải trọng  $F_z$ .

Có khá nhiều các công trình nghiên cứu động lực học bánh xe, nhưng phần lớn là các nghiên cứu ở các trạng thái chuyển động đơn lẻ như khi tăng tốc, phanh, quay vòng hoặc dao động. Trong công trình nghiên cứu của mình Pacejka đã phát triển mô hình lớp Magic Fomula (MF Tyre) [4] bằng xây dựng các hàm quan hệ lực dọc, lực ngang và thẳng đứng thông qua các hệ số biến dạng, độ cứng, độ cong,... cho kết quả khả quan khi nghiên cứu động lực học bánh xe. Mô hình lớp TMeasy [5] là mô hình bán thực nghiệm dựa trên sự trượt và vết tiếp xúc của bánh xe. Mô hình lớp TreadSim [5] là mô hình mô phỏng lớp được phát triển trên cơ sở mô hình Pacejka. Độ chính xác của các kết quả ở các mô hình trên phụ thuộc rất nhiều vào các hệ số được lựa chọn trong các biểu thức tính toán. Một cách tiếp cận khác khi nghiên cứu động lực học bánh xe chính là nghiên cứu bằng thực nghiệm mà nội dung bài báo đề cập tới. Trong khuôn khổ bài báo chỉ tập trung vào xác định tải trọng động, nghĩa là tải trọng phát sinh trong quá trình chuyển động của ô tô trên đường theo phương  $z$  (phương vuông góc với mặt đường).

## 2. Cơ sở lý thuyết và nội dung nghiên cứu thực nghiệm

### 2.1. Cơ sở lý thuyết xác định tải trọng động tác dụng lên bánh xe bằng thực nghiệm

Khi ô tô chuyển động trên đường luôn có sự phân bố lại tải trọng tác dụng lên các bánh xe, các tải trọng này phụ thuộc vào trạng thái chuyển động (tăng tốc, phanh, quay vòng, dao động,...). Các trạng thái chuyển động không chỉ xảy ra ở các trạng thái đơn lẻ mà trong trường hợp tổng quát là phức hợp. Tải trọng tác dụng lên bánh xe gồm có 2 thành phần chính là tải trọng tĩnh  $F_z$  và tải trọng động  $F_{zd}$  [1] được thể hiện trong biểu thức (2).

$$F_z = F_{zt} + F_{zd} \quad \text{hay} \quad F_{zd} = F_z - F_{zt} \quad (2)$$

Nếu giả thiết rằng độ cứng của lớp là hằng số thì tải trọng  $F_z$  được xác định bằng biểu thức (3).

$$F_z = \Delta z \cdot C_L \quad (3)$$

Trong đó:  $\Delta z$  là biến dạng hướng kính của lớp [m];

$C_L$  là độ cứng của lớp [N/m].

Kết hợp biểu thức (2) và (3) nhận được:

$$F_{zd} = \Delta z \cdot C_L - F_{zt} \quad (4)$$

Độ cứng của phần tử đàn hồi nói chung, của lớp nói riêng ở trạng thái tăng tải, giảm tải là khác nhau [2]. Ở trạng thái tăng tải lớp có độ cứng  $C_L = C_{L1}$  và ở trạng thái giảm tải lớp có độ cứng  $C_L = C_{L2}$ . Như vậy, vấn đề đặt ra ở đây là trong quá trình chuyển động tại một thời điểm bất kỳ lớp ở trạng thái tăng tải hay giảm


tải. Muốn xác định được trạng thái tăng hay giảm tải của lớp tại một thời điểm bất kỳ cần thiết phải xét giá trị biến dạng tại thời điểm ngay trước đó. Chẳng hạn:

Coi thời điểm xét bất kỳ là  $t_n$  lớp có biến dạng  $\Delta z_n$ , ở thời điểm ngay trước đó là  $t_{n-1}$  lớp có biến dạng là  $\Delta z_{n-1}$ . Như vậy:


- + Nếu  $\Delta z_n - \Delta z_{n-1} > 0$  thì lớp ở trạng thái tăng tải;
- + Nếu  $\Delta z_n - \Delta z_{n-1} < 0$  thì lớp ở trạng thái giảm tải;
- + Nếu  $\Delta z_n - \Delta z_{n-1} = 0$  thì lớp ở trạng thái như trạng thái tại thời điểm ngay trước đó là  $t_{n-1}$ .

### 2.2. Nội dung nghiên cứu thực nghiệm.


Bảng 1. Hình ảnh và thông số kỹ thuật của cân tải trọng CAS RW-10L

Hình ảnh	Thông số kỹ thuật
	Nước SX: Hàn Quốc; Năm SX: 2019; Phạm vi đo: 0÷10.000 kg; Độ phân giải: ± 5kg; Nguồn nuôi: 220V AC.

Bảng 2. Hình ảnh và thông số kỹ thuật của cảm biến HF-750C

Hình ảnh	Thông số kỹ thuật
	Nước SX: Đức; Hãng SX: Kistler; Năm SX: 2019; Phạm vi đo: 150÷900 mm; Độ phân giải: ± 0,3 mm; Sai số tuyến tính: 0,2%; Nguồn nuôi: 9÷18V DC.

Bảng 3. Hình ảnh và thông số kỹ thuật của máy tính DEWETRON 3020

Hình ảnh	Thông số kỹ thuật
	Nước SX: Áo; Hãng SX: DEWETRON; Năm SX: 2015; Số kênh đo: 8+8 kênh mở rộng; Nguồn nuôi: 95÷260V AC.

Qua phân tích ở trên nội dung nghiên cứu thực nghiệm cần phải thực hiện là:

- + Xác định đặc tính đàn hồi của lớp khi tăng, giảm tải;
- + Xác định biến dạng của lớp và tải trọng động tác dụng lên lớp trong quá trình ô tô chuyển động.

Để thực hiện được các nội dung trên nhóm thực nghiệm lựa chọn các cảm biến, thiết bị thử nghiệm [1, 3] của phòng thí nghiệm Động lực học các phương tiện cơ giới, Khoa Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân

sự. Cụ thể là:

- Cân tải trọng CAS RW-10L.
- Cảm biến đo khoảng cách bằng quang học HF-750C.
- Máy tính chuyên dùng DEWETRON 3020.

Trong khuôn khổ của bài báo nhóm tác giả không trình bày kỹ các quy trình thử nghiệm thực tế mà chỉ nêu tóm tắt nội dung thử nghiệm, xử lý số liệu và các kết quả đạt được.

### 2.2.1. Xác định đặc tính đàn hồi của lớp khi tăng, giảm tải

Khi xác định đặc tính đàn hồi nhóm thử nghiệm cho ô tô đứng tại chỗ, không nổ máy, sử dụng cân tải trọng CAS RW-10L, cảm biến HF-750C được lắp tại tâm trục bánh xe, máy tính DEWETRON 3020 đã cài đặt phần mềm DasyLab [6] và thiết bị gia tải.

Kết quả thử nghiệm được thể hiện trên Hình 2. Trên cơ sở các số liệu thử nghiệm về tải trọng tác dụng lên lớp  $F_{zi}$ , biến dạng của lớp  $\Delta z_i$  tại điểm đo thứ  $i$  có thể xác định được độ cứng của lớp tại từng thời điểm theo biểu thức (5).

$$C_{Li} = F_{zi} / \Delta z_i \quad (5)$$

Giá trị độ cứng của lớp khi tăng hoặc giảm tải được xác định bằng cách lấy giá trị trung bình của toàn bộ quá trình đo theo biểu thức (6). Chỉ số  $t, g$  trong biểu thức tương ứng với trạng thái tăng, giảm tải.

$$C_{Lt,g} = \frac{1}{N} \sum_1^n C_{Lt,gi} \quad (6)$$

### 2.2.2. Xác định biến dạng của lớp và tải trọng động tác dụng lên lớp trong quá trình ô tô chuyển động

Tại vị trí xuất phát ô tô không nổ máy, sau khi hoàn tất việc lắp đặt cảm biến HF-750C tại cầu xe điều chỉnh vị trí cảm biến theo đúng yêu cầu kỹ thuật và quy dẫn bằng hình học về vị trí tâm trục bánh xe. Tiếp theo xác định bán kính tĩnh  $r_t$  của bánh xe bằng cảm biến HF-750C và tải trọng tĩnh  $F_{zt}$  bằng cân CAS RW-10L. Như vậy, biến dạng tại vị trí ban đầu được xác định theo biểu thức (7).

$$\Delta z_t = r_0 - r_t \quad (7)$$

Trong đó:  $r_0$  là bán kính tự do của lớp [m].

Sau khi xác định được biến dạng tĩnh và tải trọng tĩnh tác dụng lên lớp, bỏ cân tải trọng ra khỏi bánh xe và cho ô tô chuyển động để đo biến dạng lớp bằng cảm biến HF-750C kết hợp với phần mềm DasyLab đã được cài đặt trong máy tính DEWETRON 3020. Giá trị mà cảm biến đo được tại thời điểm thứ  $i$  là  $r_i$  và được thay thế vào biểu thức (7) để xác định biến dạng tại điểm đo đó, đồng thời sử dụng biểu thức (4) để xác

định tải trọng động. Trong đó giá trị độ cứng được lựa chọn theo các lập luận ở trên.

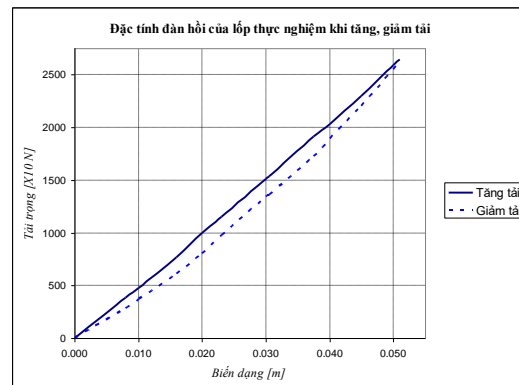
Lưu ý rằng: Lựa chọn chế độ chuyển động của ô tô, loại đường thử để xác định tải trọng động phụ thuộc vào yêu cầu của vấn đề nghiên cứu.

Trong khuôn khổ của bài báo chỉ mang tính chất kiểm chứng qui trình nên nhóm thử nghiệm lựa chọn chế độ ô tô chuyển động thẳng đều trên đoạn đường đất cứng vùng trung du Tam Đảo tỉnh Vĩnh Phúc. Đây là loại đường liên huyện, đất đồi núi, không bằng phẳng, khô ráo.

## 3. Kết quả và bàn luận

### 3.1. Kết quả xác định đặc tính đàn hồi của lớp khi tăng, giảm tải

Đối tượng thử nghiệm là ô tô HYUNDAI COUNTY 16 chỗ có tải trọng phân bố lên cầu trước ở trạng thái khi thử nghiệm là 23.000 (N), sử dụng lớp BridgeStone là loại lớp radial có ký hiệu 7.00R16 LT với áp suất lớp khi thử nghiệm là 30.500 (N/m<sup>2</sup>). Kết quả thực nghiệm được thể hiện trên Hình 2. Dáng điệu đặc tính là phù hợp với đặc tính của lớp, sử dụng biểu thức (6) xác định được độ cứng trung bình của lớp khi tăng, giảm tải là:  $C_{Lt} = 50.080$  (N/m) và  $C_{Lg} = 44.083$  (N/m).

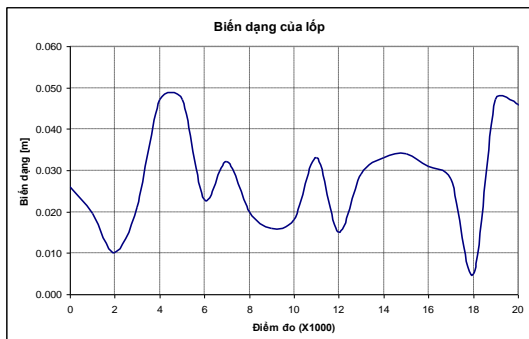


Hình 2. Đặc tính đàn hồi của lớp thực nghiệm khi tăng, giảm tải

### 3.2. Kết quả xác định biến dạng của lớp và tải trọng động tác dụng lên lớp trong quá trình ô tô chuyển động

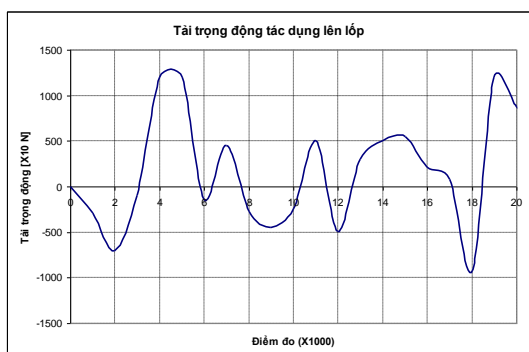
Kết quả thử nghiệm ở chế độ tải trọng tĩnh đối với lớp bên trái ô tô HYUNDAI COUNTY 16 chỗ (nhìn từ phía trước xe) là  $F_{zt} = 11.500$  (N);  $r_0 = 0,400$  (m);  $r_t = 0,376$  (m). Thay các giá trị trên vào biểu thức (7) xác định được  $\Delta z_t = 0,024$  (m). Chế độ ô tô chuyển động đều ở vận tốc  $V_0 = 50$  (km/h) trên đường cấp phối, liên huyện, đất cứng, khô ráo cho kết quả thực

nghiệm biến dạng của lốp trên Hình 3 và tải trọng động tác dụng lên lốp Hình 4. Trên đồ thị Hình 3 cho thấy trong quá trình thực nghiệm ô tô chuyển động chưa xảy ra hiện tượng tách bánh.



Hình 3. Biến dạng của lốp

Trên Hình 4 giá trị dương của tải trọng động thể hiện lốp tăng tải và ngược lại giá trị âm là giảm tải. Trên đoạn đường thử là loại đường khá xấu, có 2 điểm tải trọng động lớn hơn tải trọng tĩnh (12.050 và 11.980 (N)) nghĩa là lốp phải chịu tải gấp đôi.



Hình 4. Tải trọng động tác dụng lên lốp

#### 4. Kết luận

Bài báo đã trình bày cơ sở lý luận và đạt được mục tiêu đặt ra là xác định đặc tính đàn hồi của lốp khi tăng và giảm tải và xác định tải trọng động tác dụng lên bánh xe bằng thực nghiệm theo phương pháp tương đối đơn giản với các trang thiết bị hiện có tại phòng thí nghiệm, ít tốn kém. Cụ thể là:

+ Đặc tính đàn hồi của lốp thực nghiệm khi tăng, giảm tải của ô tô HYUNDAI COUNTY 16 chỗ (ô tô và lốp đã qua sử dụng) thể hiện trên Hình 2 với độ cứng trung bình  $C_{L_t} = 50.080$  (N/m),  $C_{L_g} = 44.083$  (N/m).

+ Kết quả xác định tải trọng động tác dụng lên lốp trong quá trình ô tô chuyển động đều với vận tốc  $V_0 = 50$  (km/h) trên đường thực nghiệm được thể hiện trên

Hình 4. Giá trị cực đại của tải trọng động  $F_{z_{dmax}} = 11.994$  (N) và giá trị nhỏ nhất là  $F_{z_{dmin}} = -9.300$  (N).

Với phương pháp thực nghiệm này có thể áp dụng hữu hiệu cho các nghiên cứu động lực học các quá trình chuyển động của ô tô. Qua đó có thể phát triển, hoàn thiện theo hướng tối ưu hóa các kết cấu chi tiết, cơ cấu, cụm và hệ thống trên ô tô, đồng thời hướng tới kiểm soát các quá trình chuyển động một cách thông minh và tự động hóa.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Văn Doanh, Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Văn Hòa, Võ Thạch Sơn, Đào Văn Tân, *Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [2] Nguyễn Phúc Hiểu, Vũ Đức Lập, *Lý thuyết ô tô quân sự*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, 1999.
- [3] Nguyễn Văn Trà, *Giáo trình cơ sở đo lường và thử nghiệm phương tiện cơ giới*, NXB Quân đội Nhân dân, 2017.
- [4] Hans B. Pacejka, *Tyre and Vehicle Dynamics*, Springer, 2008.
- [5] R.T. Uil, *Tyre models for steady-state vehicle handling analysis*, Thesis, 2007.
- [6] DasyLab Manual.pdf.

Ngày nhận bài:	27/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	06/8/2021
Ngày duyệt đăng:	09/8/2021