

# NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG ĐỘNG CỦA XE TẢI LỚN ✓

## STUDY ON EXPERIMENTAL METHOD FOR DETERMINING VERTICAL LOAD OF HEAVY VEHICLE

Phan Tuấn Kiệt<sup>1</sup>, Võ Văn Hương<sup>1</sup>, Nguyễn Phú Hùng<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Bộ Khoa học và Công nghệ

### TÓM TẮT

Bề mặt đường hư hỏng là một trong những nguyên nhân gây ra các tai nạn gây thiệt hại về người và vật chất. Khi ô tô chuyển động trên mặt đường không bằng phẳng sẽ phát sinh các dao động của các khối lượng treo và không được treo. Chính những tác động này tạo nên áp lực xuống mặt đường là một nguyên nhân làm cho đường hư hỏng. Xác định tải trọng ô tô có ý nghĩa quyết định đến nghiên cứu động lực học đoàn xe. Mặt khác, người ta dùng tải trọng động để tính thuế đường. Bài báo trình bày các phương pháp xác định tải trọng bằng thực nghiệm. Kết quả của nghiên cứu này làm cơ sở để xác định hệ số áp lực đường nghiên cứu tình trạng phá hủy đường của các phương tiện giao thông.

**Từ khóa:** Hệ số áp lực đường; Tải trọng động; Mô hình động lực học; Tính thuế đường.

### ABSTRACT

Damaged road surface, one of the causes of the accident, causes damage to people and materials. When trucks moving on wear road surfaces, trucks will generate the oscillations of the sprung mass and unsprung mass. These effects created pressure down the road cause road damage. Determining dynamic tyre load of articulated vehicle is a decision for experimental research on dynamic wear factor. On the other hand, people use dynamic loads to calculate road tax. This article presents the experimental method of determining the load by reality. The results of this research is a basis to determine dynamic wear factor study of the damage of road transport vehicles.

**Keywords:** Dynamic wear factor, vertical load, vehicle model, road tax.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề xác định phản lực lớp-đường khi xe chạy (WIM: Weigh-in-Motion) là vấn đề khó khăn của thế giới. Có 3 phương pháp xác định phản lực  $F_z$ , hiện nay:

(i) Gắn các cảm biến (Load cell) trên đường [1], cho xe chạy qua và xác định tải. Phương pháp này cần nhiều cảm biến và phải đục đường, không cơ động. Phản lực không được phản ánh đúng pha vì khối lượng được treo và không được treo có 2 hành trình trả và nén [1].



Hình 1. Đo phản lực lực tiếp [1]:

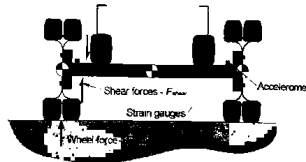
(ii) Phương pháp đo biến dạng hướng kính của lớp bằng Laser [2]: Đặt một cảm biến Laser ở cầu xe (chú ý ghép nối vì bánh xe quay), xác định chuyển vị tương đối giữa tâm cầu và mặt đường. Phải biết trước độ cứng hướng kính của lớp CL và Phản lực động được xác định như sau:

$$F_{CL} = F_{z,đm} = C_L(\xi - h)$$



Hình 2. Đo phản lực lớp-đường [2]

(iii) Xác định tải trọng theo Lloyd [3] theo công thức (1):



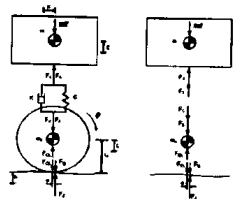
Hình 3. Đo phản lực lớp-đường theo Lloyd [3]

Trong đó, tải tĩnh đo bằng Tenzo biến dạng, tải trọng động đo thông qua gia tốc phương z của khối lượng được treo.

Những phương án trên có những hạn chế và không phù hợp với điều kiện hiện nay.

2. LỰA CHỌN CÁC PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM ĐO  $F_z$

Sử dụng phương pháp tách vật đối với mô hình động lực học ô tô ¼ như hình 4, ta có phương trình chuyển động theo phương đứng của ô tô như công thức (2).



Hình 4. Lực tác dụng lên ô tô theo phương đứng

$$\begin{cases} m\ddot{z} = F_C + F_K \\ m_A\ddot{\xi} = F_{CL} - (F_C + F_K) \\ F_z = F_G + F_{CL} \end{cases} \quad (2)$$

$$m\ddot{z} + m_A\ddot{\xi} = F_{Cl} \quad (3)$$

Do đó, phản lực thẳng đứng của đường tác dụng lên bánh xe là:

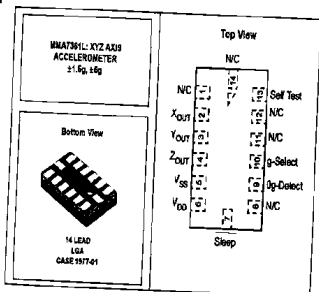
$$F_z = F_G + F_{Cl} = F_G + m\ddot{z} + m_A\ddot{\xi} \quad (4)$$

Tải trọng tĩnh  $F_G$  được cân, tải trọng động xác định thông qua đo gia tốc  $\ddot{z}, \ddot{\xi}$

Với phương pháp này, ta vừa đo được gia tốc  $\ddot{z}, \ddot{\xi}$  kiểm chứng mô hình, vừa xác định được  $F_z$  thực trên đường thông qua (4).

### 3. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

#### 3.1. Cảm biến đo gia tốc theo phương x,y,z - MMA7361L



Hình 5. Hình dạng và sơ đồ chân của cảm biến MMA7361L

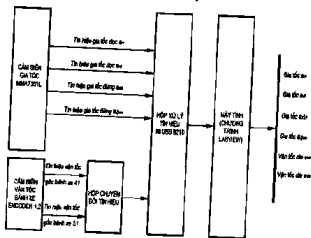
Là cảm biến đo gia tốc g mức thấp 1.5g ±, ± 6g với ba trục x,y,z. MMA7361L là một cảm biến đo gia tốc với năng lượng thấp, độ nhạy cao mà nhà máy sản xuất cảm biến cài đặt và yêu cầu không cần dụng cụ hỗ trợ bên ngoài. MMA7361L, bao gồm một chế độ chờ phù hợp với pin thiết bị điện tử cảm tay.

#### 3.2. Hộp xử lý tín hiệu và kết nối với máy tính - NI USB - 6210



Hình 6. Hộp xử lý tín hiệu & kết nối máy tính NI USB-6210

#### 3.3. Kết nối Cảm biến - Máy tính



Hình 7. Sơ đồ truyền và xử lý tín hiệu

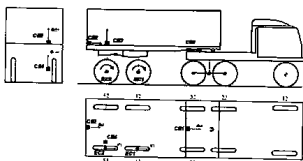
Thiết bị đo gia tốc dao động của cầu xe theo phương z là cảm biến MMA7361L. Cảm biến này đo gia tốc theo phương thẳng đứng dựa vào gia tốc trọng trường của trái đất. Khi xe chạy qua các mấp mô trên đường sẽ tạo các dao động lên bánh xe và bánh xe sẽ truyền dao động này sang cầu xe. Cảm biến được lắp trên cầu xe sẽ cảm nhận được dao động này, cảm biến sẽ phát ra nhưng xung tín hiệu tương, xung này được truyền về qua bộ giải mã NI. Bộ giải mã NI được kết nối với một máy vi tính xách tay thông qua cổng USB, tín hiệu giải mã từ bộ xử lý NI sẽ được hiển thị bằng phần mềm Labview và xuất

tin hiệu ra file excel.

**3.4 . Chuẩn bị thực nghiệm**

Theo thông số kỹ thuật của cảm biến đo đã nêu trên, ta cần lắp cảm biến sao cho bảo đảm tương đối nằm ngang so với mặt đường. Sau đó hiệu chỉnh mức cân bằng trên chương trình đo để bảo đảm chỉ số của cảm biến ở mức 0 khi bắt đầu đo.

Tin hiệu các cảm biến được truyền về hộp NI bằng các dây dẫn. Khi lắp các dây dẫn cũng chú ý để dây dẫn không bị nhiễu, đứt khi xe hoạt động.



Hình 8. Lắp cảm biến lên xe



Hình 9. Lắp đặt encoder để đo vận tốc bánh xe



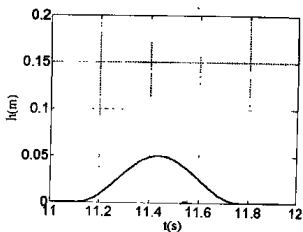
Hình 10. Lắp đặt mấp mô xuống mặt đường

**3.5 . Quá trình thí nghiệm**

Sau khi chuẩn bị xong các bước trên tiến hành đo.

Chạy qua mấp mô 2 bên:

- Chạy 10 km/h, ổn định, qua mấp mô
- Chạy 15 km/h, ổn định, qua mấp mô



Hình 11. Biên dạng mấp mô (mô hình đầu vào mô phỏng)

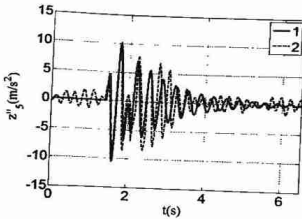
**3.6 . Kết quả đo kiểm chứng mô hình**

Kết quả đo được minh họa bởi các đồ thị tương ứng như sau:

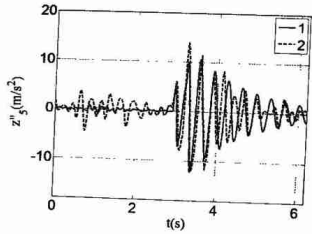
Để kiểm chứng mô hình, ta chọn phương pháp đo gián tiếp để có thể kiểm chứng được những trạng thái khác nhau của mô hình.

Lấy những thông số thí nghiệm: Biên dạng mấp mô, vận tốc xe, để làm thông số đầu vào cho mô hình mô phỏng.

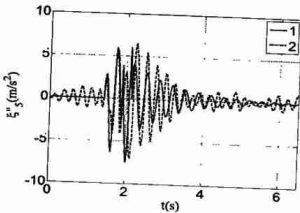
-Trường hợp 1: Chạy với vận tốc  $v_x=10\text{km/h}$ .



Hình 12. Gia tốc thân xe:  
Số 1 - Màu đỏ: Đường mô phỏng; Số 2 - Màu xanh:  
Đường thí nghiệm

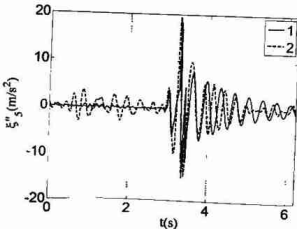


Hình 15. Gia tốc cầu xe



Hình 13. Gia tốc cầu xe:  
Số 1 - Màu đỏ: Đường mô phỏng; Số 2 - Màu xanh:  
Đường thí nghiệm

-Trường hợp 2: Chạy với vận tốc  $v_x = 15 \text{ km/h}$ .



Hình 14. Gia tốc thân xe

**Biện luận kết quả:** Qua thí nghiệm cho xe chạy qua mấp mô với vận tốc 10, 15 km/h ta đo gia tốc phương thẳng đứng cầu xe, thân xe (đường xanh). Ngoài ra, ta cũng đo vận tốc góc để xác định vận tốc xe làm thông số đầu vào cho mô phỏng, từ mô phỏng ta cũng lấy ra gia tốc cầu 5 và gia tốc thân xe, ghép đồ thị (4.15-4.18). So sánh đồ thị ta thấy kết quả giữa mô phỏng và thực nghiệm gần giống khít với nhau.

### 3.7. So sánh phân lực xác định bằng thực nghiệm với mô hình

Đường mô phỏng màu đen 1: Mô phỏng theo mấp mô hình 4.18.

Đường màu đỏ 2: Tải trọng tính theo công thức (i).

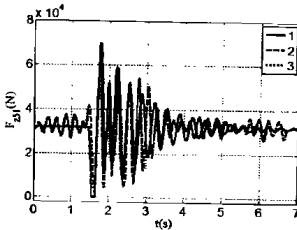
$$m\ddot{z} + m_A\ddot{z} = F_{CL}$$

$$F_{d1} = (m + m_A)g + F_{CL} \quad (i)$$

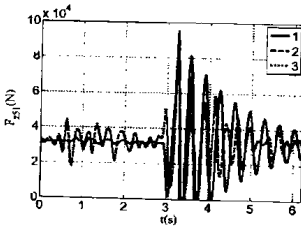
Đường màu xanh 3: Tải trọng tính theo công thức (4.1).

$$(m + m_A)\ddot{z} = F_{CL}$$

$$F_{d1} = (m + m_A)g + F_{CL} \quad (ii)$$



Hình 16. Phân lực  $F_{z_{s1}}$  đo được theo (i), (ii) và so sánh với lý thuyết (đường đen 1),  $v=10\text{km/h}$



Hình 17. Phân lực  $F_{z_{s1}}$  đo được theo (i), (ii) và so sánh với lý thuyết (đường đen 1),  $v=15\text{km/h}$

**Nhận xét:**

- Trong 2 trường hợp  $F_z$  tính theo (i) và (ii) độ sai lệch không nhiều. Lý giải cho điều này là do khối lượng của cầu nhỏ hơn nhiều so với khối lượng của thùng xe; vì vậy, tải trọng động do cầu gây ra không ảnh hưởng nhiều đến kết quả tổng thể.

- So sánh với kết quả chạy bằng mô hình, ta thấy có độ sai lệch nhưng không đáng kể. Cả 3 đường (xanh, đỏ, đen) gần trùng lên nhau. Từ đây, có thể kết luận rằng, có thể dùng công thức (i) hoặc (ii) để xác định  $F_z$  bằng thực nghiệm.

**4. KẾT LUẬN**

- Tác giả đã trình bày hệ thống đo và phương pháp đo dao động ô tô; sử dụng các cảm biến gia tốc có thể xác định được tải trọng động trên từng bánh xe. Việc thiết kế hệ đo các thông số cũng hoàn toàn có thể thực hiện được trong điều kiện Việt Nam. Các kết quả từ thí nghiệm này phản ánh khá chính xác trạng thái vật lý của bánh xe khi tiếp xúc mặt đường và mấp mô.

- Đã nêu một số kết quả thí nghiệm với phương pháp khác nhau và so sánh với kết quả mô phỏng lý thuyết.

- Với phương pháp này, có thể lắp đặt cảm biến trên thân xe để xác định gia tốc dao động trên thân xe. Căn cứ vào công thức lý thuyết ta có thể tính toán được tải trọng động. Kết quả của thí nghiệm có thể được sử dụng làm đầu vào cho bài toán tính toán thiết kế đường. Phương pháp này còn có thể thực hiện trong nhiều điều kiện như mấp mô cao, vận tốc lớn và trạng thái phanh gấp. ❖

Ngày nhận bài: 19/6/2016

Ngày phản biện: 07/7/2016

**Tài liệu tham khảo:**

- [1]. A Nkaro (2000); *Axle Load Surveys*, Roads Department, Ministry of Works, Transport and Communications.
- [2]. Matt Elischer (2012) *Dynamic wheel loads of heavy vehicles – preliminary analysis*, ARRB Group Ltd Australia.
- [3]. Lloyd Davis (2009): *Dynamic Wheel Loads from Heavy Vehicles*, Transport and Main Roads Technology Forum 2009.
- [4]. Fancher Paul S, Arvind Mathew (1987): *Vehicle Dynamics Handbook for Single-Unit and Articulated Heavy Trucks*, FDC Library Ref.
- [5]. Võ Văn Hương và các tác giả (2014): *Động lực học ô tô*, NXB. Giáo dục Việt Nam.