

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH BIẾN DẠNG CỦA LỐP Ô TÔ BẰNG PHẦN MỀM ANSYS WORKBENCH

RESEARCH ON DETERMINATION OF DISPLACEMENT OF AUTOMOTIVE TYRES BASED USED ANSYS WORKBENCH

Nguyễn Thành Công<sup>1\*</sup>, Nguyễn Quang Cường<sup>1</sup>, Tạ Thị Thanh Huyền<sup>1</sup>, Phạm Trung Dũng<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hiệp<sup>2</sup>, Vũ Tiến Đạt<sup>3</sup>, Phạm Hải Nam<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.085>

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày nội dung nghiên cứu xác định biến dạng của của lốp ô tô bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Sử dụng phần mềm mô phỏng số ANSYS Workbench tính toán mức độ biến dạng của lốp có kí hiệu 205/55/R16 ở chế độ tải trọng tĩnh, từ đó xác định độ biến dạng của lốp. Kết quả nghiên cứu cho thấy biến dạng của lốp phụ thuộc vào tải trọng tác động lên lốp. Phương pháp này giúp xác định biến dạng của lốp, đồng thời giúp giảm thời gian công sức cũng như chi phí trong quá trình thiết kế.

**Từ khóa:** Lốp ô tô, phần tử hữu hạn, tính toán bền, Ansys Workbench.

## ABSTRACT

This article presents a research on determination of displacement of automotive tyres based on Finite Elements Method. The deformation grade of 205/55/R16 tire is determined using ANSYS Workbench software under different pressure levels at static load, to caculate the displacement of automotive tires. The results show that the displacement of the tire depends on the tire load. This method helped to determine performance characteristics tires and improved quality and decreased time to design

**Keywords:** Automotive tires, finite elements, calculation of durability, Ansys Workbench.

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

<sup>2</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

<sup>3</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Quốc gia Cao Hùng, Đài Loan

\*Email: [congnt@utc.edu.vn](mailto:congnt@utc.edu.vn)

Ngày nhận bài: 02/02/2023

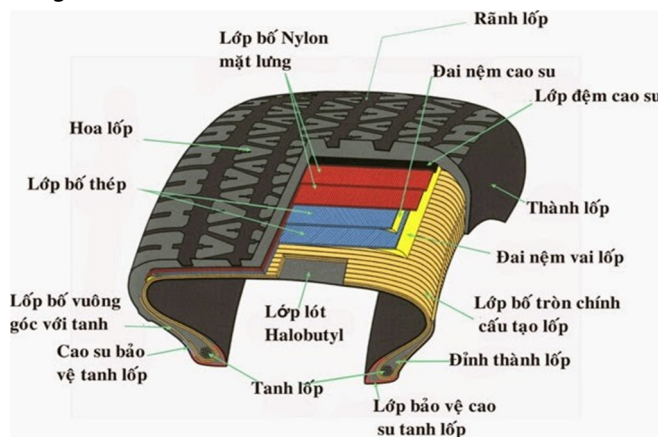
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/4/2023

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2023

## 1. TỔNG QUAN

Lốp ô tô là linh kiện quan trọng của ô tô trong việc đảm bảo khả năng truyền lực, khả năng chịu tải, tạo độ êm dịu và duy trì hướng chuyển động của ô tô. Trong quá trình sử dụng, lốp tiếp xúc trực tiếp với mặt đường và chịu tải trọng của ô tô, lực ma sát,... Lốp xe thường làm việc trong điều kiện khắc nghiệt như quá tải, tốc độ cao, hoặc làm việc ở khu vực có nhiệt độ cao thường dẫn đến hư hỏng hoặc thoát khí. Để đáp ứng yêu cầu của các tính năng trên, lốp được yêu cầu đủ cứng để chịu được tải trọng thẳng đứng

hay các thành phần lực cắt tạo ra giữa lốp và mặt đường, đồng thời lốp xe cũng cần phải đủ mềm để hấp thụ được các chấn động do bề mặt đường tác động lên xe trong quá trình chuyển động tạo độ êm dịu [1]. Do đó, để thực hiện được yêu cầu trên lốp ô tô có cấu tạo phức tạp bao gồm nhiều lớp có chất liệu khác nhau được liên kết lại thể hiện trong hình 1 [2].



Hình 1. Cấu tạo lốp ô tô

Trong quá trình nghiên cứu, sản xuất và chế tạo lốp xe một chủng loại lốp được thiết kế phát triển ra cần được kiểm tra để xác định đặc tính của lốp có phù hợp với yêu cầu hay không [2]. Các hình thức kiểm tra được các nhà nghiên cứu và thiết kế phát triển để đo biến dạng ở các trạng thái tĩnh và động trong phòng thí nghiệm hoặc trên hiện trường thử nghiệm [3, 4]. Tuy nhiên, việc kiểm tra thử nghiệm lốp mất nhiều thời gian và công sức. Với sự phát triển công nghệ tính toán mô phỏng trên máy tính rút ngắn quá trình thiết kế kiểm tra lốp, các phương pháp tiên tiến đã được nghiên cứu phát triển trong đó phương pháp phân tích phần tử hữu hạn (FEA) chiếm ưu thế. Việc nghiên cứu sử dụng các phần mềm mô phỏng dựa trên nền tảng FAE được sử dụng rộng rãi nhằm tạo môi trường mô phỏng ảo, giúp các nhà nghiên cứu kiểm tra chất lượng, tối ưu thông số của kết cấu trước khi đưa ra sản xuất và thử nghiệm [5-7]. Nghiên cứu tính toán xác định độ biến dạng của lốp bằng phương pháp phần tử hữu hạn giúp các nhà phát triển lốp xác định được đặc tính làm việc của lốp,

đồng thời giúp giảm thời gian công sức cũng như chi phí trong quá trình thiết kế [8].

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN LỚP Ô TÔ

### 2.1 Giải thiết xây dựng mô hình

Có nhiều mô hình khác nhau từ các công trình nghiên cứu về tính toán lớp xe [4-8]. Trong thực tế, có nhiều vật liệu phi tuyến tính được sử dụng trong lớp xe để tạo cho lớp có các thuộc tính đảm bảo tính năng làm việc của lớp khi chạy trên đường. Tuy nhiên do hạn chế về thời gian và khả năng tính toán, khiến việc mô phỏng lớp xe hoạt động như một chiếc lốp xe thực sự là một thách thức. Trong một chiếc lốp xe thật, có một số vật liệu được sử dụng để duy trì hình dạng lốp xe ngoài việc bị phồng lên. Tuy nhiên, các vật liệu tương tự không trực tiếp để giảm các tác động của các ứng suất bên ngoài do nén bởi bề mặt tiếp xúc. Điều này được nghiên cứu và nhận thấy khó có thể mô phỏng bằng vật liệu tuyến tính. Do đó, các mô hình ban đầu cho lớp khí nén bao gồm các vật liệu khác nhau được nhúng vào cao su để đại diện cho đai thép và phần thân lốp. Cả hai đều được áp dụng như một tấm vật liệu đồng nhất rắn ở giữa chu vi của cao su trong một mô hình. Tuy nhiên, những vật liệu này cũng là những vật sinh ra toàn bộ ứng suất phân bố được tác động từ mặt đất. Sau khi loại bỏ ý tưởng có nhiều vật liệu tuyến tính được dùng để xây dựng mô hình lớp, một mô hình với hai thành phần đã được xây dựng bao gồm hai đối tượng: một cho mặt đất, và một vật liệu cao su đồng nhất cho toàn bộ lớp xe. Vì cao su phải đủ cứng để chịu được áp suất bên trong, nó cũng quá cứng để tạo ra một hồ sơ áp suất giống như một lớp xe hơi. Mô hình lớp được tăng xác định các thành phần có độ cứng khác nhau ở phần tiếp xúc và hai bên cạnh của lốp. Bằng cách này, các tính chất vật liệu có thể được thay đổi để thể hiện hợp chất được sử dụng cho lốp xe thật.

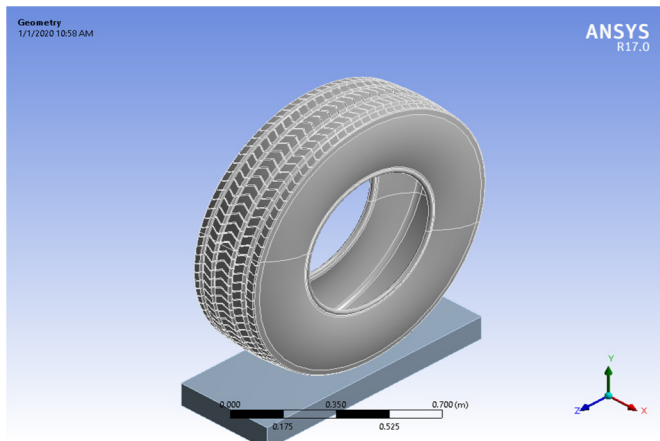
### 2.2. Xây dựng mô hình hình học

Căn cứ vào các chủng loại lốp được sản xuất và sử dụng để lắp ráp trên ô tô tại Việt Nam lựa chọn loại lốp hơi có kí hiệu 205/55/R16 để xây dựng mô hình phần tử hữu hạn và tính biến dạng. Lốp xe có thông số kích thước như bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kích thước cơ bản của lốp xe

STT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Đường kính ngoài của lốp	1070	mm
2	Chiều rộng lốp	315	mm
3	Độ sâu của rãnh lốp	12	mm
4	Độ dày tổng cộng của cao su	25	mm
5	Đường kính vành lốp	517,5	mm

Sử dụng phần mềm ANSYS Workbench dựa trên nền tảng phương pháp phần tử hữu hạn để xây dựng mô hình tính toán của lốp. Trạng thái mặt đường được mô hình hóa ở trạng thái cứng tuyệt đối có dạng hình hộp chữ nhật kích thước: 1000x400x100(mm). Để xây dựng điều kiện tiếp xúc giữa bề mặt lốp ô tô và mặt đất cho bài toán lựa chọn phần tử TARGE170 để mô hình hóa bề mặt tang trống và sử dụng phần tử CONTA174 để mô hình hóa bề mặt lốp do tính tương thích với mô hình 3D thể hiện như trong hình 2.



Hình 2. Mô hình hình học lớp lốp xe

Vật liệu lớp xe sử dụng mô hình cao su Mooney-Rivlin [8] có tính chất vật liệu thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Tính chất vật liệu mô hình cao su Mooney-Rivlin

Tính chất vật liệu	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mô đun đàn hồi	E	300	MPa
Hệ số Poisson	$\nu$	0,49967	
Hằng số đặc trưng cho mức năng lượng biến dạng	C10	0,293	MPa
Hằng số đặc trưng cho mức năng lượng biến dạng	C01	0,177	MPa

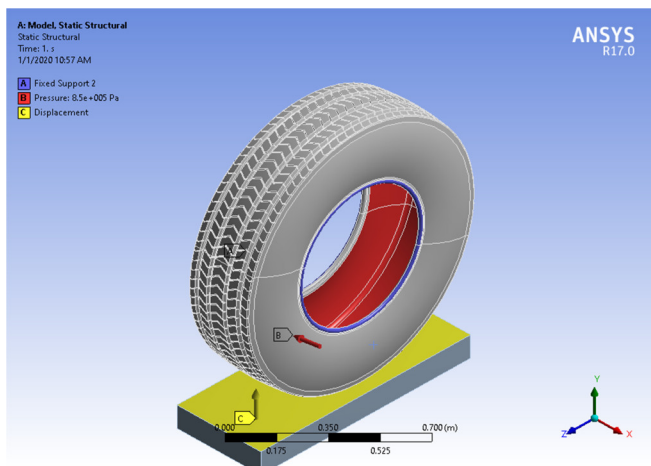
Thực hiện việc gán kiểu phần tử SOLID18, CONTA174, TARGE170 và vật liệu cho mô hình hình học, thông qua việc chia lưới mô hình xây dựng được mô hình phần tử hữu hạn kết cấu lớp xe.

### 2.3. Phương án đặt tải

Mô hình tính toán đưa vào bao gồm: mặt đất, phần cao su tiếp xúc với mặt đất và hai bên cạnh của lốp. Lý do không bao gồm vành là để giảm các bộ phận quá mức và hạn chế sự gia tăng không cần thiết về độ phức tạp của mô phỏng, giả thiết áp suất đồng đều bên trong lốp xe.

#### 2.3.1. Điều kiện biên và điều kiện tiếp xúc

Sự tiếp xúc giữa rãnh và mặt bên được đặt thành mối liên hệ ngoại quan, điều này có nghĩa là các thành phần được hợp nhất với nhau và không dựa vào bất kỳ áp lực hoặc keo dính nào để dính vào nhau. Điều này được thực hiện để đảm bảo rằng không có rò rỉ áp suất thông qua mô hình dưới tác dụng của áp suất và biến dạng. Sự tiếp xúc giữa rãnh và mặt đất được đặt thành tiếp xúc ma sát. Một ràng buộc cố định chuyển vị đã được áp dụng cho các phần tử bên hông của lốp để ngăn lốp khí nén di chuyển. Khi lốp đã được cố định, ngoại lực phải đến từ mặt đất di chuyển về phía lốp. Điều này đã được thực hiện để đảm bảo rằng lốp xe sẽ hoạt động chính xác. Khi chịu tải xe sẽ nhấn xuống cả hai bên và đẩy không khí điều áp. Tuy nhiên, áp suất tiếp xúc sẽ không khác nhau bằng cách thực hiện theo cách khác và di chuyển mặt đất về phía lốp cố định. Do đó, nghiên cứu này thay vì mô phỏng trong điều kiện là dưới tác dụng của xe ép xuống thì mô phỏng dịch chuyển của mặt đường thay thế cho độ nén của tải trọng xe.



Hình 3. Mô hình tính toán biến dạng lốp xe

**2.3.2. Đặt lực và chuyển vị**

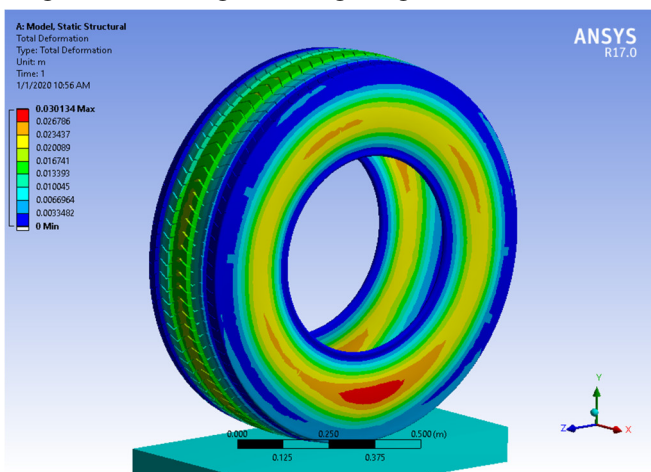
Để đảm bảo hình dạng thực của lốp, đặt áp suất 850KPa vào phần bên trong mô hình lốp và có hướng tác động ra phía ngoài. Giá trị 850KPa là giá trị áp suất cho phép đối với lốp 315/80R22.5 lắp trên xe có trọng lượng toàn tải là 24000KG.

Thay thế cho biến dạng động của lốp xe khi chịu tải trọng, trong mô hình sử dụng phương pháp lốp xe cố định còn mặt đường biến dạng dịch chuyển, nhằm mục đích tạo ra phản lực bằng 1/10 trọng lượng của xe (coi tải trọng tổng cộng của xe tác động đều lên các bánh). Phản lực được tính toán bằng ANSYS Workbench từ việc dịch chuyển của mặt đường. Điều này có thể được xem như lực tác động từ bánh xe và xuống mặt đường cố định. Với áp suất bên trong đã chọn, sự dịch chuyển mặt đường đã được đưa vào để đạt được phản lực tương đương tải trọng: 20000 (KG), 24000 (KG), 30000 (KG), 35000 (KG).

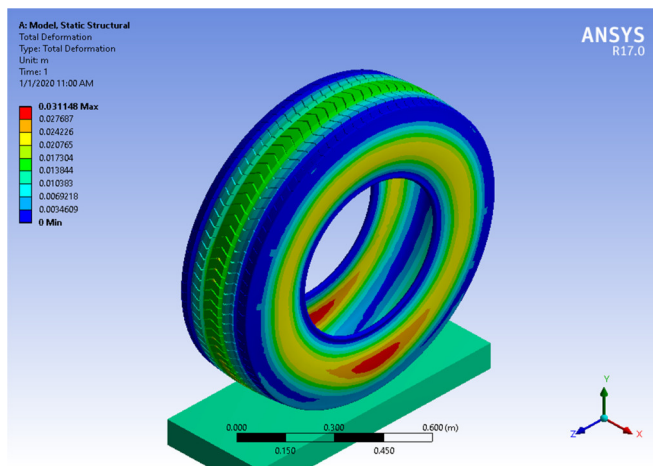
**3. TÍNH TOÁN ĐỘ ĐÀN HỒI HƯỚNG KÍNH CỦA LỐP Ô TÔ**

Tính toán độ biến dạng của lốp với các mức chịu tải khác nhau của xe. Phân bố biến dạng của lốp ở các mức tải trọng khác nhau được thể hiện trên các hình 4 ÷ 7.

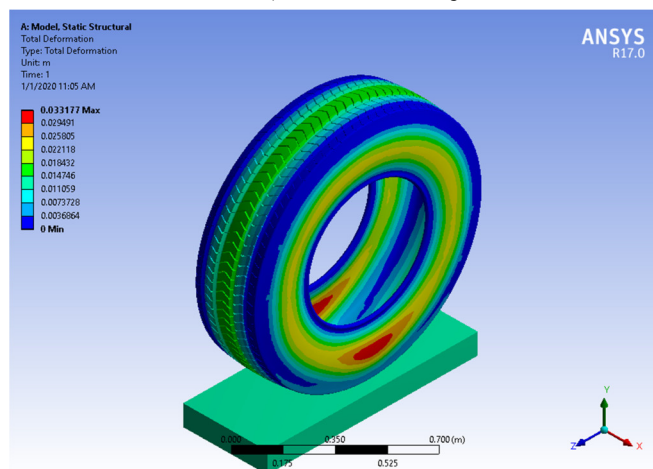
Các mức tải được quy đổi tương đương với các biến dạng của mặt đường như trong bảng 3.



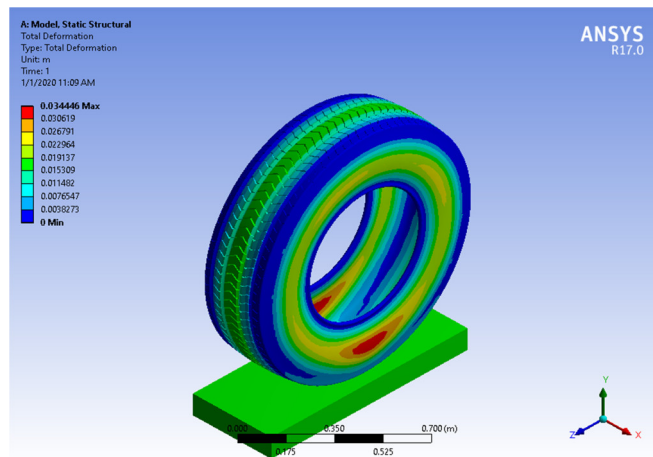
Hình 4. Biểu đồ phân bố chuyển vị tại mức tải trọng 10000 (KG)



Hình 5. Biểu đồ phân bố chuyển vị tại mức tải trọng 14000 (KG)



Hình 6. Biểu đồ phân bố chuyển vị tại mức tải trọng 20000 (KG)



Hình 7. Biểu đồ phân bố chuyển vị tại mức tải trọng 25000 (KG)

Bảng 3. Biến dạng của mặt đường quy đổi theo tải trọng

STT	Trọng lượng toàn tải (KG)	Tải trọng của xe (KG)	Biến dạng quy đổi (mm)
1	20000	10000	8,5
2	24000	14000	10,5
3	30000	20000	14,5
4	35000	25000	17

#### 4. KẾT LUẬN

Lốp ô tô là linh kiện quan trọng của ô tô trong việc đảm bảo khả năng truyền lực, khả năng chịu tải, tạo độ êm dịu và duy trì hướng chuyển động. Đánh giá đặc tính của lốp được đặc biệt quan tâm nhằm đảm bảo chất lượng, tính êm dịu và an toàn cho ô tô khi tham gia giao thông. Qua kết quả tính toán có thể thấy mối quan hệ giữa biến dạng và tải trọng, được chỉ ra trong bảng 3 và hình 4 ÷ 7 khi lốp chịu các mức tải trọng khác nhau. Biến dạng tại vùng tiếp xúc giữa lốp xe và mặt đường phân bố tương đối đều, biến dạng có giá trị lớn ở hai mặt bên lốp, trong đó có vị trí cục bộ biến dạng đạt giá trị lớn nhất (đã có giá trị ở từng mục) có thể gây ra hư hỏng cục bộ cho lốp xe.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2021-CK-003TĐ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. R.A. Ridha, M. Theves, 1994. *Advances in Tire Mechanics*. Rapra Review Report, 113.
- [2]. Nguyen Thanh Cong, Nguyen Van Hiep, 2021. *A research on determination of tire vertical stiffness of automobile based on Finite Elements Method*. Transport Magazine, Vol 8.
- [3]. Dang Viet Ha, Le Dinh Nam, 2018. *Evaluating the durability of automobile tire by experimental method*. Transport Magazine, Vol 9.
- [4]. R. K. Taylor, L. L. Bashford, M. D. Schrock, 2000. *Methods for measuring vertical tire stiffness*. Transactions of the ASAE, 43, 1415 - 1419.
- [5]. Truong Manh Hung, Nguyen Thanh Cong, 2021. *Research on the application of Ansys software to determine Automobile tire durability in Vietnam*. Transport and Communications Science Journal, 3242-250. <https://doi.org/10.47869/tcsj.72.3.1>
- [6]. Thanh Cong Nguyen, Khanh Duy Do Cong, Cong Truong Dinh, 2023. *Structural and thermal investigations of rolling tires in a flat road*. Transport and Communications Science Journal, Vol.74, Issue 1, 47-57. <https://doi.org/10.47869/tcsj.74.1.5>
- [7]. Xiangqiao Yan, Youshan Wang, Xijin Feng, 2002. *Study for the endurance of radial truck tires with finite element modeling*. Mathematics and Computers in Simulation, Volume 59, Issue 6, Pages 471-488.
- [8]. S.S. Biris, et al., 2011. *Fem Model to Study the Influence of Tire pressure on Agricultural Tractor Wheel Deformations*. Engineering for Rural Development, Jelgava, 26 - 27.

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Thanh Cong<sup>1</sup>, Nguyen Quang Cuong<sup>1</sup>, Ta Thi Thanh Huyen<sup>1</sup>,  
Pham Trung Dung<sup>1</sup>, Nguyen Van Hiep<sup>2</sup>, Vu Tien Dat<sup>3</sup>, Pham Hai Nam<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport Technology, Hanoi, Vietnam

<sup>3</sup>Faculty of Mechanical Engineering, National Kaohsiung University of Science and Technology, Taiwan