



## RESEARCH ON THE APPLICATION OF ANSYS SOFTWARE TO DETERMINING AUTOMOBILE TIRE DURABILITY IN VIETNAM

Truong Manh Hung, Nguyen Thanh Cong\*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 25/01/2021

Revised: 17/02/2021

Accepted: 23/02/2021

Published online: 15/04/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.3.1>

\* *Corresponding author*

Email: congnt@utc.edu.vn

**Abstract.** Tires are an important component of automobiles that maintains the movement direction and ensures the transmission, load capacity and smooth movement of the vehicle. To ensure the automotive active safety, a special attention should be paid to the tire durability evaluation. This article presents a research on determination of deformation grade of automotive tires using ANSYS software. It is based on QCVN 34:2017/BGTVT technical regulation on endurance test of pneumatic tires for automobiles. A finite element model is established, consisting of two components in contact: an ideal drum surface with a diameter of two meters, and a rubber tire. The air pressure in the tire follows the regulation and the drum applies on the tire a force of 80 % the permissible load. Calculation results for a specific tire in Vietnam suggests that the durability of the tire is satisfied, since the difference between the deformed and undeformed diameters of the tire is less than 3.5 %, as stated in the regulation.

**Keywords:** Automobile tire, Finite element, Durability calculation, Ansys, QCVN 34:2017/BGTVT technical regulation.



## NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHẦN MỀM ANSYS XÁC ĐỊNH ĐỘ BỀN LỚP Ô TÔ SỬ DỤNG TẠI VIỆT NAM

Trương Mạnh Hùng, Nguyễn Thành Công\*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 25/01/2021

Ngày nhận bài sửa: 17/02/2021

Ngày chấp nhận đăng: 23/02/2021

Ngày xuất bản Online: 15/04/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.3.1>

\* Tác giả liên hệ

Email: congnt@utc.edu.vn

**Tóm tắt.** Lớp 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 độ bền của lớp được đặc biệt quan tâm nhằm đảm an toàn cho ô tô khi tham gia giao thông. Bài báo trình bày nội dung nghiên cứu ứng dụng phần mềm Ansys tính toán mức độ biến dạng của lớp ô tô. Dựa trên quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT của Việt Nam quy định quá trình thử nghiệm độ bền lớp ô tô để xây dựng một mô hình tính toán, bao gồm hai thành phần tiếp xúc nhau: một là mặt tang trống có đường kính 2 m với giả thiết bề mặt tang trống không biến dạng và hai là lớp ô tô với giả thiết toàn bộ vật liệu lớp đồng nhất là cao su. Mức áp suất bên trong lớp theo quy định và tang trống ép lên lớp một lực bằng 80 % mức tải trọng cho phép lên lớp. Kết quả tính toán cho một lớp cụ thể tại Việt Nam xác định được đường kính của lớp sau khi biến dạng theo phương ép của tang trống, căn cứ quy định không chênh lệch quá 3,5 % so với đường kính ngoài của lớp, lớp tính toán đảm bảo đủ bền.

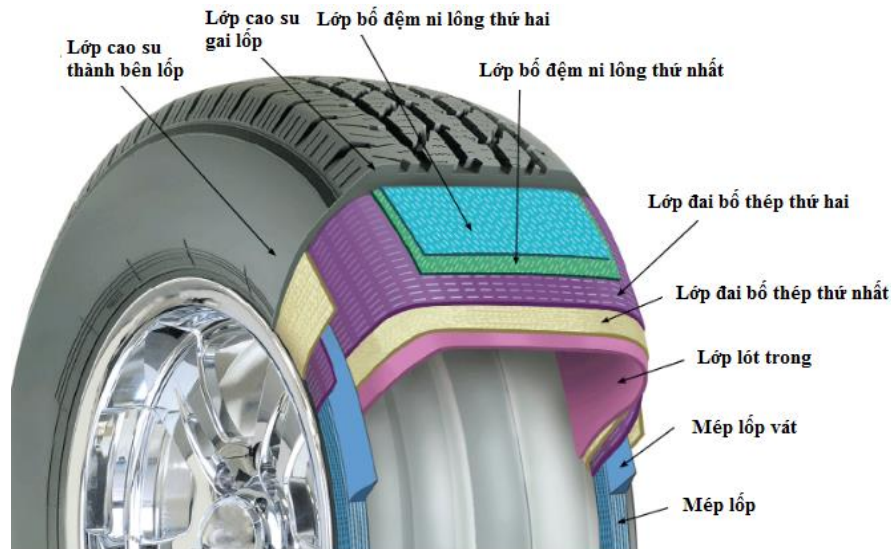
**Từ khóa:** Lớp ô tô, Phần tử hữu hạn, Tính toán bền, Ansys, Quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT.

© 2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lớp 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. Trong quá trình sử dụng, lớp tiếp xúc trực tiếp với mặt đường và chịu tải trọng của ô tô, lực ma sát,...Sử dụng một thời gian dài trong điều kiện làm việc khắc nghiệt làm lớp bị mòn, sứt, bong hoa lớp, bong lớp mảnh hoặc nổ lớp do không chịu được tải trọng cho phép gây mất an toàn trong quá trình chuyển động của ô tô. Để đảm bảo an toàn khi xe chạy trên đường, người ta phải trang bị cho ô tô những loại lớp

xe có đủ độ bền để đảm bảo an toàn tối đa, hạn chế gây nguy hiểm cho người và các phương tiện tham gia giao thông. Lớp 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.



Hình 1. Cấu tạo lớp ô tô.

Việc nghiên cứu độ bền của lốp xe được các nhà sản xuất, các nhà nghiên cứu cũng như các nhà quản lý đặc biệt quan tâm nhằm đảm bảo an toàn khi xe tham gia giao thông. Những hướng nghiên cứu chủ yếu về chất lượng cũng như khả năng chịu tải của lốp tập trung đánh giá độ bền của lốp dưới các chế độ tải trọng. Việc đòi hỏi thay đổi kiểu dáng cũng như kết cấu của lốp thường xuyên yêu cầu các nhà sản xuất phải thực hiện số hoá mô hình lốp, tiến hành kiểm tra đánh giá chất lượng trong thời gian ngắn mà vẫn đòi hỏi độ chính xác cao và thử nghiệm trong môi trường không gian ảo giúp tiết kiệm chi phí tăng tính cạnh tranh. Thông thường các tính toán ở chế độ tĩnh được thực hiện để xác định ứng suất, biến dạng của lốp xe nhằm kiểm soát độ bền của lốp cũng như ảnh hưởng của thông số kích thước tới độ bền cũng như áp suất tiếp xúc trên vành lốp, biến dạng lốp trong mỗi điều kiện làm việc như trong các công trình nghiên cứu của các tác giả Ridha và Theves [1]; Mir Hamid Reza Ghoreishy và các cộng sự. [2]; Sorin-Stefan Biris và các cộng sự. [3]. Các nghiên cứu về thực nghiệm đánh giá độ bền lốp tập trung nghiên cứu các phương pháp đo xác định độ bền của lốp. Một số nghiên cứu của tác giả Hong và các cộng sự [4]; Zhang và các cộng sự [5] đã chứng minh khả năng của cảm biến lốp để xác định cơ chế tạo ra lực lốp. Để đo biến dạng lốp một hệ thống cảm biến quang được phát triển bởi các tác giả Xiong và Tuononen[8], phương pháp không tiếp xúc này có thể giúp cảm biến làm việc trong môi trường khắc nghiệt mà không gây biến dạng cục bộ. Các tác giả R. K. Taylor và các cộng sự [7] đưa ra phương pháp đo độ cứng hướng kính của lốp xe trên cơ sở đo tải - biến dạng, dao động tự do theo phương thẳng đứng trạng thái lăn và không lăn, từ đó chọn được phương pháp thích hợp để đo độ cứng lốp. Các tác giả Jakub POLASIK và Konrad J. WALUS [8] đã nghiên cứu ảnh hưởng của các lực từ mặt đường lên hệ thống treo trong quá trình xe chạy trên đường, kết quả độ biến dạng của lốp xe khi thí nghiệm trên đường được đo đạc và so sánh với kết quả đo trong phòng thí nghiệm. Ngoài ra các quốc gia đều có những bộ tiêu chuẩn quy định về độ bền lốp như tiêu chuẩn UNECE 30, 54, tiêu chuẩn ISO 10454:1993, GB/T 4501-2008 quy định thử nghiệm đối với lốp xe tải và xe khách.

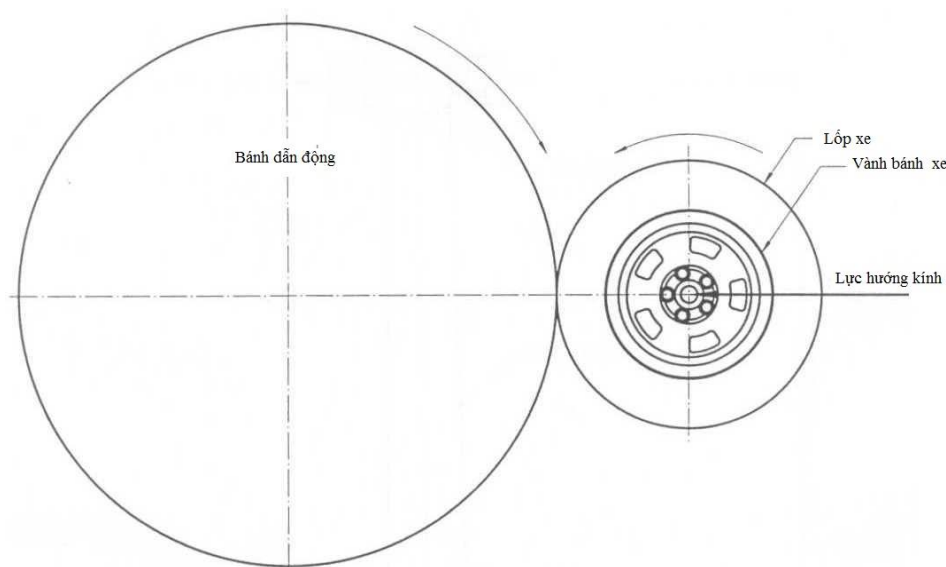
Tại Việt Nam, ngoài các tiêu chuẩn về lốp như QCVN 34:2017/BGTVT thì các nghiên

cứu về đánh giá độ bền lốp xe ô tô chủ yếu tập trung vào nghiên cứu thực nghiệm như công trình của các tác giả Đặng Việt Hà và Lê Đình Nam [9] đã căn cứ vào quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT xây dựng quy trình thử nghiệm xác định độ bền lốp xe, công trình của các tác giả Nguyễn Văn Tiềm và Trịnh Lương Miên [10] tập trung nghiên cứu thiết bị thử nghiệm lốp ô tô theo tiêu chuẩn Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng phần mềm Ansys dựa trên nền tảng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán xác định biến dạng lốp xe từ đó đánh giá bền lốp ô tô theo quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT giúp giảm thời gian công sức trong quá trình thiết kế và phát triển sản phẩm lốp ô tô tại Việt Nam.

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN KẾT CẤU LỐP Ô TÔ

### 2.1. Cơ sở khi xây dựng mô hình

Theo quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT phép thử độ bền lốp ô tô mô phỏng lực ép lên vành bánh xe khi xe chạy trên đường thẳng bằng cách cho bánh xe quay trên trống thử có đường kính tối thiểu là 1,7m hoặc 2 m. Sơ đồ thử độ bền lốp xe được thực hiện như sơ đồ thử nghiệm như trên hình 2.



Hình 2. Thiết bị thử nghiệm độ bền mỗi vành hợp kim ô tô.

Mô hình tính toán và đánh giá độ bền lốp ô tô được xây dựng dựa trên quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT đó là xây dựng mô hình với hai thành phần: một là mặt tang trống có đường kính 2m với giả thiết bề mặt tang trống không biến dạng và lốp ô tô trên cơ sở giả thiết các đai thép và lớp bố được xem như phần tử rắn nằm theo chu vi của lốp cao su, vì vậy những vật liệu này đều phải chịu toàn bộ ứng suất tác động từ mặt đường đồng nghĩa là mô phỏng lốp ô tô với vật liệu đồng nhất là cao su. Việc mô phỏng mô hình lốp sẽ có sự sai khác so với lốp thực tế về một số vật liệu nhưng điều này cũng không ảnh hưởng đến ứng suất của lốp khi chịu nén. Trong nghiên cứu, mô hình lốp tính toán gồm ba thành phần: phần lốp tiếp xúc với mặt đường và hai mặt bên lốp. Khu vực tiếp xúc giữa lốp với mặt đường có ứng suất cao hơn ở mặt bên lốp, nên mô đun đàn hồi sẽ cao hơn so với mặt bên.

### 2.2. Xây dựng mô hình tính toán độ bền lốp ô tô bằng phần mềm ANSYS

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 195/65R15 88H để xây dựng mô hình phần tử hữu hạn và

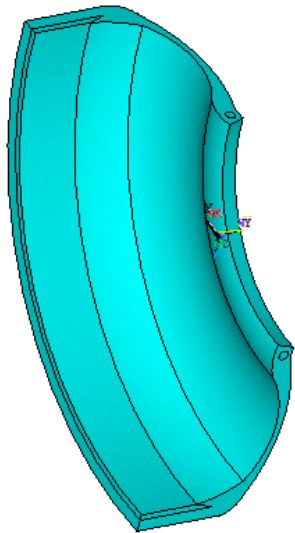
tính bền. Lớp xe có thông số kích thước và thông số kỹ thuật như Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số cơ bản của lớp xe.

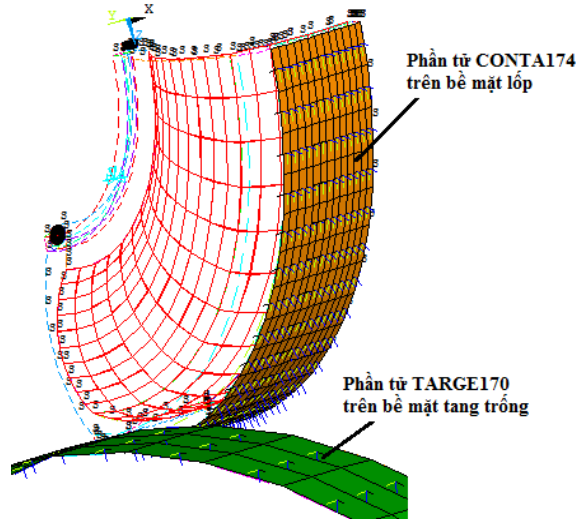
Thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính ngoài	D	690	mm
Đường kính vành danh nghĩa	d	380	mm
Áp suất tiêu chuẩn	p	320	kPa
Khả năng chịu tải/ bánh xe	P	560	kg
Cấp tốc độ của lớp	H	260	km/h

Để xây dựng mô hình chính xác của lớp ta chọn phương pháp xây dựng mô hình hình học sau đó chia lưới để tạo mô hình phần tử hữu hạn. Do tính đối xứng của mô hình lớp, mô hình hình học lớp xe được xây dựng là mô hình 1/8 và sử dụng các điều kiện biên đối xứng để giảm thời gian tính toán như trong Hình 3.

Thực hiện xây dựng mô hình phần tử hữu hạn cho lớp lựa chọn kiểu phần tử SOLID185. Phần tử SOLID185 được sử dụng để tạo mô hình 3-D cho các cấu trúc rắn. Nó được xác định bởi tám nút có ba bậc tự do tại mỗi nút: gồm các chuyển vị tịnh tiến và các chuyển vị xoay theo các hướng trục x, y và z. Phần tử SOLID185 được định nghĩa để mô phỏng cho mô hình có các tính chất vật liệu về độ dẻo, độ đàn hồi, độ cứng ứng suất, độ võng lớn và khả năng biến dạng lớn. Đồng thời nó cũng có khả năng tạo công thức hỗn hợp để mô phỏng các biến dạng của vật liệu đàn hồi gần như không thể nén được và vật liệu siêu đàn hồi hoàn toàn không thể nén được.



Hình 3. Mô hình hình học 1/8 lớp xe.



Hình 4. Mô hình tiếp xúc giữa bề mặt tang trống và lớp.

Trạng thái mặt tang trống được mô hình hóa ở trạng thái cứng tuyệt đối. Do vậy mặt tang trống không cần phải đưa thêm các thông số khác như chiều cao hay bề rộng. Do có tính chất

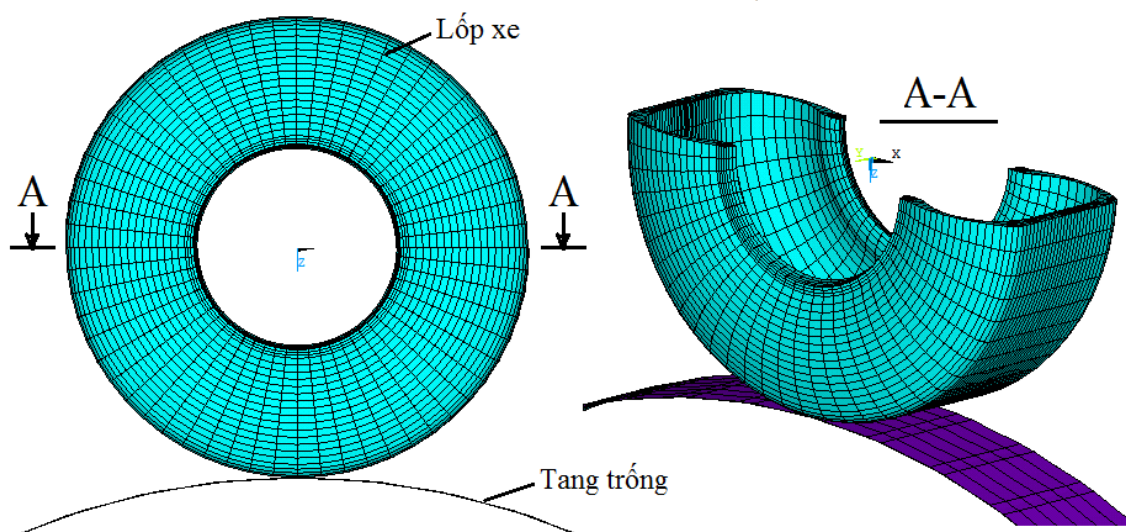
đối xứng, vì vậy chúng ta chỉ chọn phân tích mô hình giống như trong Hình 3. Để xây dựng điều kiện tiếp xúc giữa bề mặt lốp ô tô và tang trống cho bài toán lựa chọn phần tử TARGE170 để mô hình hóa bề mặt tang trống và sử dụng phần tử CONTA174 để mô hình hóa bề mặt lốp do tính tương thích với mô hình 3D thể hiện như trong Hình 4.

Vật liệu lốp xe sử dụng mô hình cao su Mooney-Rivlin [11] 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 lốp xe như Hình 5. Ngoài ra để tăng cứng cho thành phần lốp tương đương với sự ảnh hưởng của các lớp thành phần cấu tạo lốp sử dụng phần tử Reinforcement cho phần thành bên và cho thành phần bề mặt tiếp xúc với tang trống. Việc kiểm tra mô hình tương đương bằng cách so sánh kết quả tính biến dạng của lốp với kết quả thực nghiệm [8].



Hình 5. Mô hình phần tử hữu hạn lốp xe và tang trống.

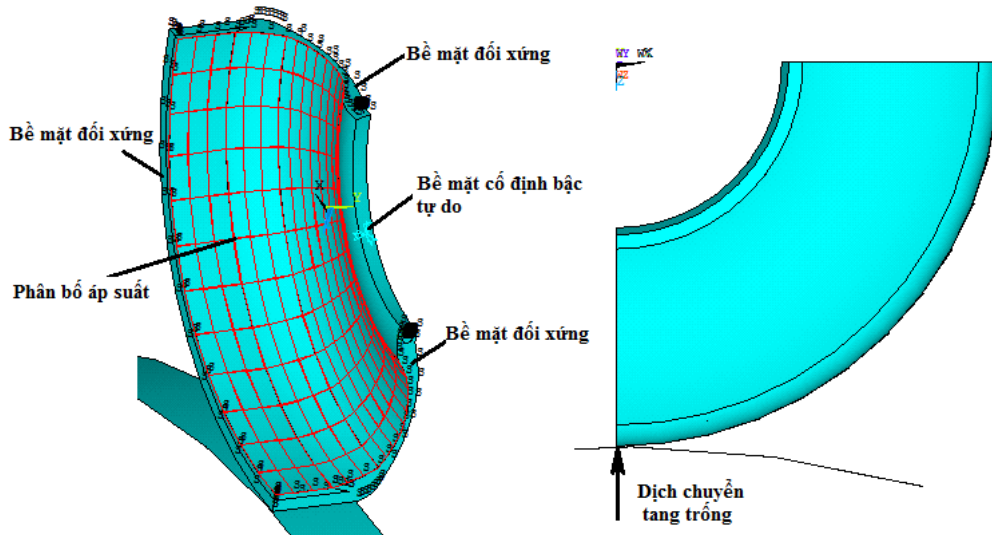
### 2.3. Phương án đặt tải

Khi thực hiện đặt tải cho mô hình dựa trên quy định của quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT về kiểm tra bền lốp hơi ô tô cụ thể như sau:

- Bơm khí vào lớp với áp suất tiêu chuẩn là 280 kPa đối với lớp cấp tốc độ S, do đó trong mô hình đặt vào toàn bộ bề mặt trong của lớp một giá trị áp suất bằng áp suất quy định.

- Đặt lên trục kiểm tra một tải trọng bằng 80% tải trọng định mức trên lớp, trong mô hình cho tang trống dịch chuyển tạo lực ép tương đương với mức tải  $560 \times 80\% = 448 \text{ kG}$ .

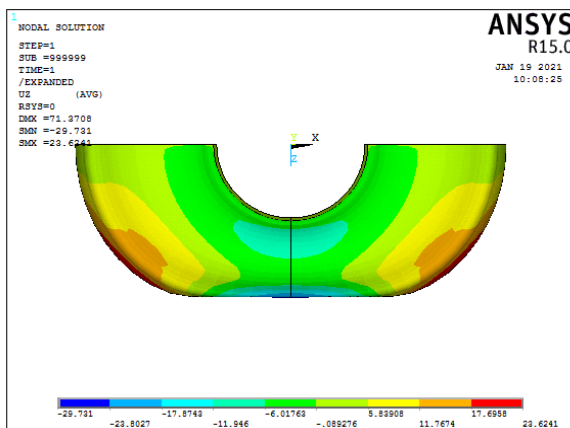
Phần lớp tiếp xúc với vành bánh xe được cố định các bậc tự do và đặt điều đối xứng cho các bề mặt. Mô hình đặt tải trọng lên lớp xe được thể hiện ở hình 7.



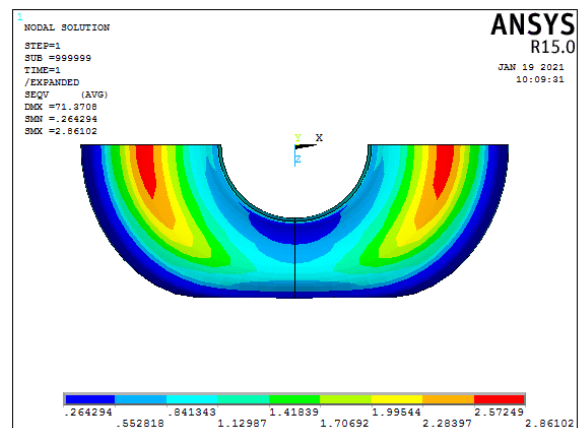
Hình 7. Mô hình đặt lực và điều kiện biên lên lớp xe.

### 3. GIẢI BÀI TOÁN, KIỂM TRA BỀN LỚP Ô TÔ

Để kiểm tra tính phù hợp của mô hình thực hiện tính toán lớp trong điều kiện với mức áp suất 0,2 Mpa và tải trọng tác dụng lên lớp là 4300N, lớp ở trạng thái tiếp xúc với bề mặt phẳng. Sau khi tiến hành giải bài toán trên phần mềm Ansys thu được kết quả thể hiện trên Hình 8 là Trường phân bố chuyển vị nút và Hình 11 là Trường phân bố ứng suất theo Von Mises.



Hình 8. Phân bố chuyển vị theo phương thẳng đứng ở áp suất 0,2 Mpa.



Hình 9. Phân bố ứng suất Von Mises ở áp suất 0,2 Mpa.

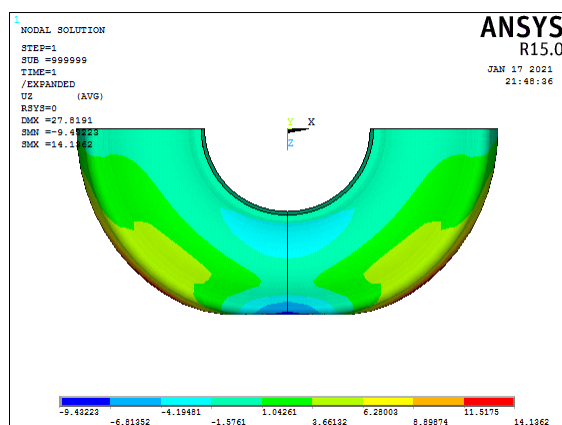
Kết quả cho thấy mức biến dạng của điểm tiếp xúc lốp với mặt phẳng là 27,2 mm. Độ cứng theo phương hướng kính của lốp ở mức áp suất 0,2 Mpa được xác định như công thức 1:

$$K = F/\delta = 4300/0,0272 = 158088 \text{ N/m} \quad (1)$$

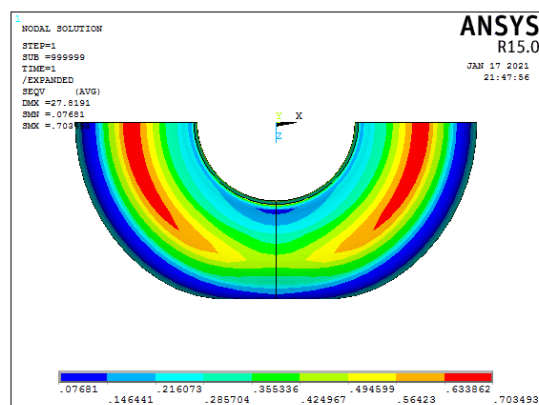
Trong đó: K là độ cứng hướng kính của lốp, N/m; F là lực tác dụng lên lốp, N;  $\delta$  là biến dạng lớn nhất theo phương tác dụng lực, m.

Theo thực nghiệm [8] khi lốp chịu tải ở 4300N, áp suất khí trong lốp 0,2 Mpa thì mức biến dạng của lốp là 26 mm. Xác định độ cứng hướng kính của lốp theo thực nghiệm là 165384 N/m. Như vậy sai lệch giữa kết quả tính toán và thực nghiệm là 4,4%.

Tính toán biến dạng lốp theo phương án đặt tải phù hợp với quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT thu được kết quả thể hiện trên Hình 10 là Trường phân bố chuyển vị nút và Hình 11 là Trường phân bố ứng suất theo Von Mises.



Hình 10. Phân bố chuyển vị theo phương thẳng đứng ở áp suất 280 kPa.



Hình 11. Phân bố ứng suất Von Mises ở áp suất 280 kPa.

Từ kết quả cho thấy biến dạng lớn nhất tại điểm tiếp xúc giữa lốp với mặt tang trống là 9.4mm, ứng suất lớn nhất do đó xác định được đường kính lốp sau biến dạng theo phương ép của tang trống là 880,6 mm tương đương với mức thay đổi 1,05% so với đường kính thiết kế ngoài của lốp. Căn cứ theo quy chuẩn mức thay đổi này nhỏ hơn 3,5%, như vậy lốp đảm bảo theo quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT. Ngoài ra từ biểu đồ phân bố ứng suất Von mis cho thấy ứng suất tập trung tại các khu vực có vị trí mỏng nhất ở hai bên thành lốp và phụ thuộc vào mức áp suất trong lốp.

#### 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 độ bền của lốp được đặc biệt quan tâm nhằm đảm an toàn cho ô tô khi tham gia giao thông. Nghiên cứu dựa trên quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT của Việt Nam quy định quá trình thử nghiệm độ bền lốp ô tô tiến hành xây dựng một mô hình tính toán trong phần mềm Ansys dựa trên nền tảng phương pháp phần tử hữu hạn. Kết quả tính toán cho một lốp cụ thể có ký hiệu 195/65R15 đã xác định được đường



kính của lốp sau khi biến dạng theo phương ép của tang trống, so sánh với đường kính thiết kế ngoài của lốp thấy rằng chênh lệch là 1,05% nhỏ hơn 3,5% theo quy chuẩn, lốp tính toán đảm bảo đạt tiêu chuẩn. Như vậy thông qua việc nghiên cứu sử dụng phần mềm Ansys dựa trên nền tảng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán xác định biến dạng lốp xe từ đó đánh giá bền lốp ô tô theo quy chuẩn giúp giảm thời gian công sức trong quá trình thiết kế và phát triển sản phẩm lốp ô tô tại Việt Nam.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2020-CK-005.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. R.A. Ridha, M. Theves, Advances in Tire Mechanics, Rapra Review Report, 1994, pp. 113.
- [2]. M. Hamid et al., A Parametric Study on the Steady State Rolling Behaviour of a Steel-belted Radial Tyre, Iranian Polymer Journal, 16 (2007) 539-548. [https://www.researchgate.net/publication/242727795\\_A\\_Parametric\\_Study\\_on\\_the\\_Steady\\_State\\_Rolling\\_Behaviour\\_of\\_a\\_Steel-belted\\_Radial\\_Tyre](https://www.researchgate.net/publication/242727795_A_Parametric_Study_on_the_Steady_State_Rolling_Behaviour_of_a_Steel-belted_Radial_Tyre)
- [3]. S.S. Biris et al., Fem Model to Study the Influence of Tire pressure on Agricultural Tractor Wheel Deformations, Engineering for Rural Development, Jelgava, (2011) 26-27. [https://www.researchgate.net/publication/278029685\\_FEM\\_model\\_to\\_study\\_the\\_influence\\_of\\_tire\\_pressure\\_on\\_agricultural\\_tractor\\_wheel\\_deformations](https://www.researchgate.net/publication/278029685_FEM_model_to_study_the_influence_of_tire_pressure_on_agricultural_tractor_wheel_deformations)
- [4]. S. Hong et al., Tyre-road friction coefficient estimation based on tyre sensors and lateral tyre deflection: modelling, simulations and experiments, Vehicle System Dynamics, 51 (2013) 627-647. <https://doi.org/10.1080/00423114.2012.758859>
- [5]. Y. Zhang, J. Yi, T. Liu, Embedded flexible force sensor for in-situ tire-road interaction measurements, IEEE Sensors Journal, 13 (2013) 1756-1765. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2241051>
- [6]. Y. Xiong, A. Tuononen, Rolling deformation of truck tires: Measurement and analysis using a tire sensing approach, Journal of Terramechanics, 61 (2015) 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2015.07.004>
- [7]. R. K. Taylor, L. L. Bashford, M. D. Schrock, Methods for measuring vertical tire stiffness, Transactions of the ASAE, 43 (2000) 1415-1419. <https://doi.org/10.13031/2013.3039>
- [8]. J. Polasik, K. J. Walus, Analysis of the Force during Overcoming the Roadblock - The Preliminary Experimental Tests, Transport Problems, Silesian University of Technology, 11 (2016) 113-120. <https://doi.org/10.20858/tp.2016.11.1.11>
- [9]. Đặng Việt Hà, Lê Đình Nam, Nghiên cứu xác định độ bền lốp hơi bằng phương pháp thực nghiệm, Tạp chí Giao thông vận tải, 9 (2018).
- [10]. Nguyễn Văn Tiềm, Trịnh Lương Miên, Xây dựng hệ thống điều khiển giám sát đánh giá độ bền lốp hơi ô tô trong việc phê duyệt kiểu lốp, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 26 (2009) 112-121.
- [11]. Xiangqiao Yan, Youshan Wang, Xijin Feng, Study for the endurance of radial truck tires with finite element modeling, Mathematics and Computers in Simulation, 59 (2002) 471-488. [https://doi.org/10.1016/S0378-4754\(01\)00429-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4754(01)00429-3)