

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH HỆ THỐNG TREO KHÍ NÉN

RESEARCH OF THE DESIGN, MANUFACTURING MODEL OF AIR SUSPENSION SYSTEM

LƯƠNG VĂN VẠN^{1,a}, NGUYỄN THANH TÙNG¹,
KHÁU TẤN PHÁT¹

¹Trường Đại học SPKT Vĩnh Long

^aLiên hệ tác giả: vanlv@vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 03/3/2024; Phản biện (Reviewed): 22/5/2024; Chấp nhận (Accepted): 27/5/2024

TÓM TẮT

Hệ thống treo khí nén có ưu điểm, là nâng cao tính êm dịu chuyển động cho các ô tô. Hệ thống này thích nghi tốt với việc thay đổi tải trọng ô tô bằng việc thay đổi áp suất trong hệ thống, giảm các xung lực tác dụng lên thân xe khi ô tô đi trên các loại đường có các giá trị mấp mô khác nhau. Bài báo trình bày nghiên cứu thiết kế chế tạo mô hình hệ thống treo khí nén trên xe tải 1,25 tấn. Mô hình được chế tạo nhằm đánh giá độ êm dịu của hệ thống treo khí nén so với hệ thống treo nhíp sau khi được chuyển đổi.

Từ khóa: Hệ thống treo khí nén, hệ thống treo cơ khí, mô hình.

ABSTRACT

The air suspension system has advantages, is to improve the smoothness of motion for vehicles. This system adapts well to changes in vehicle load by changing pressure in the system, reduces the impact force on the vehicle body when the vehicle travels have different bump values. This paper presents research of the design and manufacturing model of an air suspension system on a 1.25 ton truck. The model was built to evaluate the smoothness of the air suspension system compared to the leaf-spring suspension system after being converted.

Keywords: Air suspension system, Leaf-spring suspension system, model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xu hướng phát triển ô tô tải hiện nay chủ yếu tập trung công nghệ vào việc tiết kiệm nhiên liệu cũng như giảm phát thải ô nhiễm môi trường. Các công nghệ mới ra đời được áp dụng cho hệ thống điều khiển như hệ thống lái, hệ thống treo. Trong những năm gần đây, hệ thống treo trên ô tô có phần tử đàn hồi loại khí nén (hệ thống

treo khí nén) ngày càng được dùng phổ biến trên các ô tô con, xe có tính tiện nghi cao và ô tô tải và ô tô khách cỡ lớn. Do có tính ưu việt về tính êm dịu chuyển động mà hệ thống treo khí nén hiện nay đã dần được thay thế hệ thống treo thông thường sử dụng phần tử đàn hồi kim loại như: Nhíp, lò xo hoặc thanh xoắn... [1]. Tại Việt Nam, hệ thống treo khí nén được sử dụng nhiều

trên các ô tô khách cỡ lớn và ô tô khách giường nằm hai tầng. Do phần tử đàn hồi khí nén của hệ thống có khả năng thay đổi được độ cứng nhờ vào đặc tính chịu được nén của không khí trong bầu chứa, có thể áp dụng việc tự động điều khiển hoặc bán tự động thay đổi độ cứng phù hợp với các chế độ chuyển động ô tô [2]. Tuy nhiên việc ứng dụng trên xe tải tại Việt Nam còn hạn chế và chưa thấy có công trình nghiên cứu nào đề cập đến hệ thống treo khí nén trên xe tải nhỏ.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Đặc tính của hệ thống treo khí nén

- Phần tử đàn hồi khí nén có độ cứng nhỏ khi ô tô chưa có tải và có thể tăng độ cứng khi tăng tải trọng nhờ tăng áp suất trong phần tử đàn hồi khí nén. Đặc tính này giúp cho ô tô chạy êm dịu cả khi tải nhẹ cũng như khi đầy tải, đáp ứng yêu cầu về tính êm dịu khi chuyển động [1].

- Chiều cao trọng tâm của ô tô có thể điều khiển và giữ không đổi ngay cả khi tải trọng thay đổi, bằng cách điều khiển áp suất khí nén trong phần tử đàn hồi.

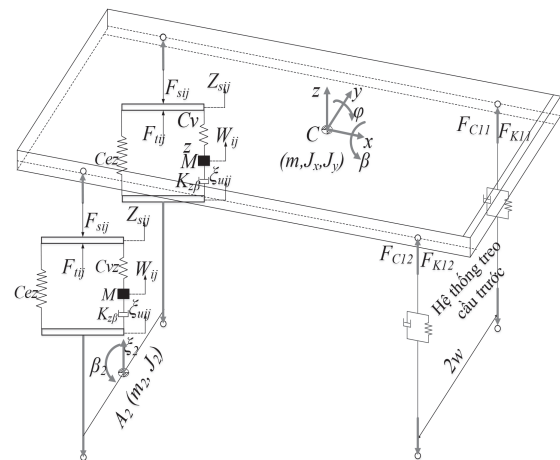
- Hệ thống có thể thay đổi được độ cứng khác nhau trên một cầu xe, giảm góc nghiêng ngang khi ô tô đi vào đường vòng hoặc khi bố trí tải trọng không đều trên sàn xe.

2.2. Thiết kế chế tạo mô hình hệ thống treo khí nén

2.2.1. Sơ đồ nguyên lý

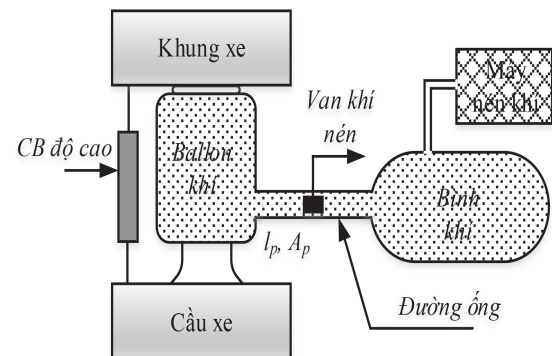
Sơ đồ nguyên lý hệ thống treo khí nén được tác giả xây dựng dựa trên mô hình hóa hệ thống treo khí nén [3]. Các bộ phận chính của mô hình gồm phần khối lượng được treo (gồm khung xe, thùng xe) xem

như một khối cứng có khối lượng m , cầu xe ô tô có khối lượng m_2 , ballon khí nén, máy nén khí, bình chứa khí nén, van khí nén, cảm biến độ cao, đường ống khí nén, bộ điều khiển điện tử.



Hình 1. Sơ đồ mô hình hệ thống treo khí nén

- Mô hình hệ thống treo khí nén được chế tạo có công dụng nhằm xác định mối quan hệ giữa tải trọng tác động lên khối lượng được treo và áp suất trong ballon khí nén. Để đảm bảo trọng tâm xe không thay đổi thì yêu cầu đặt ra là khi tải trọng tăng lên thì độ cứng của ballon khí nén cũng tăng lên.

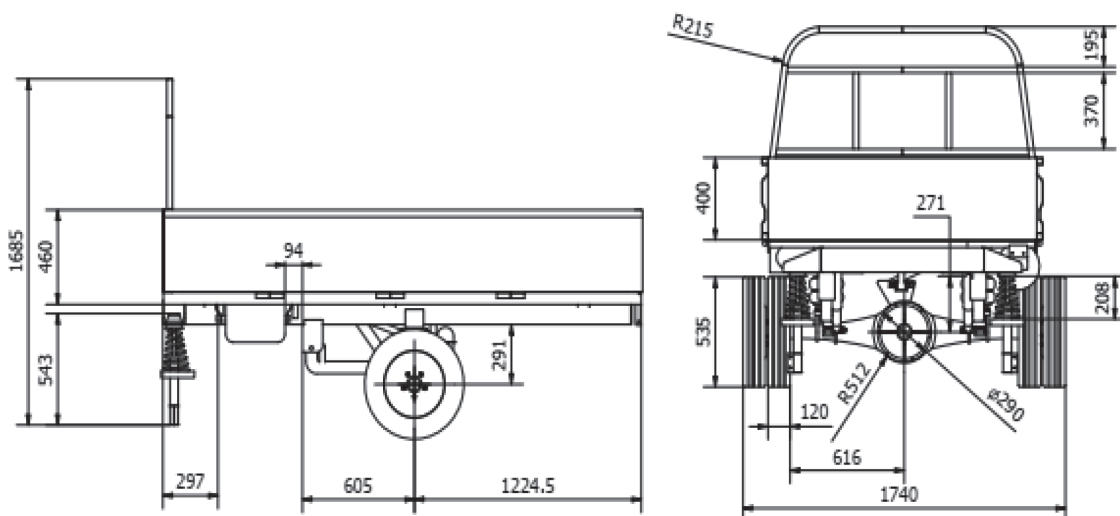


Hình 2. Sơ đồ điều khiển mô hình hệ thống treo khí nén

- Cảm biến độ cao có công dụng xác định khoảng cách từ khối lượng được treo đến khối lượng không được treo (cầu xe) nhằm gửi tín hiệu đến bộ xử lý, từ đó bộ

xử lý gởi tín hiệu đến van điện từ khí nén (van tải trọng) nhằm điều chỉnh áp suất đến ballon khí nén. Van khí nén có công dụng

nhằm điều chỉnh áp suất khí nén trong ballon bằng cách đóng mở đường khí nén từ bình chứa đến ballon.



Hình 3. Bản vẽ kết cấu mô hình

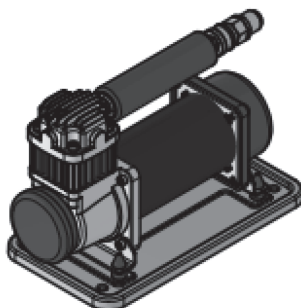
2.2.2. Thiết kế các bộ phận của mô hình

Các cơ cấu chính của bộ thử nghiệm

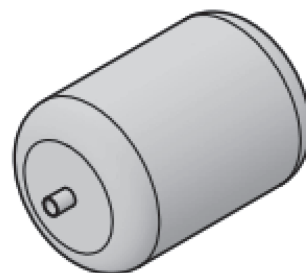
được thiết kế trước trong phần mềm 3D Inventor với kết quả thiết kế đạt được như Hình 4.



a. Ballon khí nén



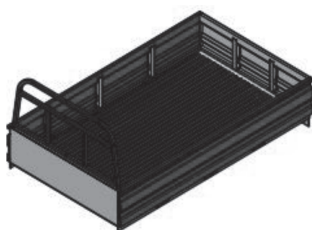
b. Máy nén khí



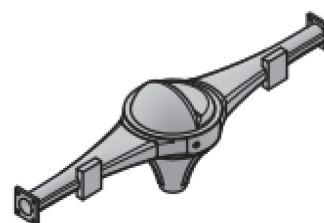
c. Bình chứa khí nén



d. Khung xe



e. Thùng xe

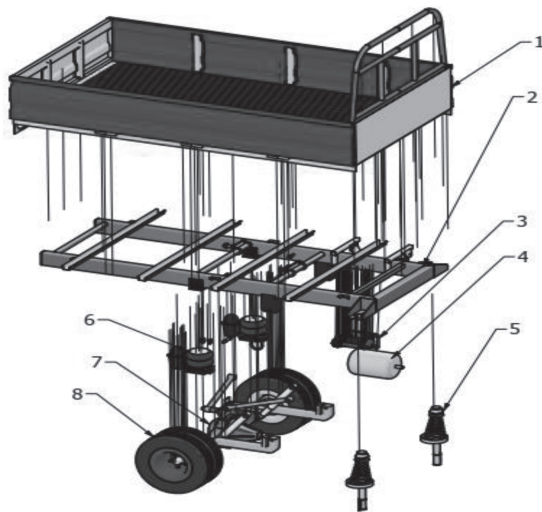


f. Cầu xe

Hình 4. Các chi tiết chính của mô hình được thiết kế trong phần mềm Inventor

Sau khi thiết kế các chi tiết, nhóm tác giả tiến hành lắp ghép hoàn chỉnh mô

hình. Sơ đồ mô tả lắp ghép được trình bày Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ lắp ráp tổng thể mô hình hệ thống treo khí nén

1- Thùng xe; 2- khung xe; 3- máy nén khí; 4- bình chứa khí nén; 5- hệ thống treo trước; 6- bóng khí nén; 7- cầu xe; 8- bánh xe.

Đối với các chi tiết trên mô hình, khối lượng không được treo được nhóm tác giả kế thừa sản phẩm trên xe tải 1,25 tấn (đối tượng nghiên cứu) và bình chứa khí nén được chọn từ bình chứa khí nén trên xe tải. Do đó việc đánh giá độ bền, khả năng chịu tải và chịu áp suất của chi tiết trên nhóm tác giả không đề cập đến. Do đó nhóm tác giả chỉ đề cập đến khung xe. Sau khi thiết kế xong mô hình 3D khung xe, nhóm nghiên cứu tiến hành đánh giá độ bền của kết cấu khung sau khi thiết kế nhằm kiểm tra đánh giá sản phẩm sau khi thiết kế. Nếu khung xe chịu lực sau khi thiết kế nhưng chưa đánh giá độ bền mà chuyển sang chế tạo thì sẽ có nhược điểm có thể khung xe chịu lực thiếu bền hoặc dư bền. Nếu thiếu bền sẽ làm cho khung xe không chịu được tải trọng thiết kế, nếu dư bền sẽ làm cho tốn chi phí vật liệu. Do đó bài toán kiểm tra độ bền của khung xe là bài toán cơ bản trong thiết kế.

Khung xe được nhóm tác giả lựa chọn là thép có thông số kích thước và thông số vật liệu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số cơ bản khung xe khảo sát và thông số kỹ thuật vật liệu

Mô tả	Thông số	Đơn vị
Chiều dài toàn bộ	2564	mm
Chiều rộng toàn bộ	1290	mm
Khối lượng riêng	7850	kg/m ³
Hệ số Poisson	0.29	-
Modul Young	250	MPa

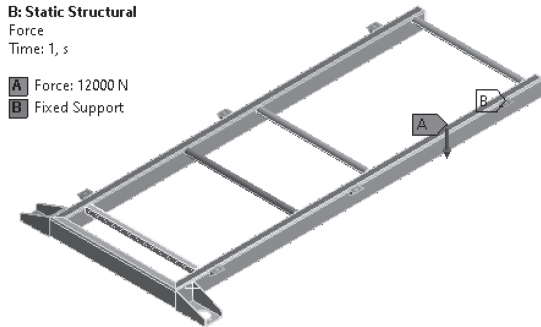
Trong nghiên cứu này, nhằm phục vụ cho quá trình tính toán, mô hình đã được đơn giản hóa các cấu trúc hình học không ảnh hưởng tới giá trị ứng suất như các lỗ, loại bỏ các đỉnh tán. Coi như các thanh dầm dọc và dầm ngang liên kết tuyệt đối cứng qua các mối hàn. Các mối hàn được mô tả thông qua các phần tử chuyên dụng trong phần mềm để mô phỏng mối hàn. Các giá trị tải trọng định mức theo thông số kỹ thuật.

Các nghiên cứu của Teo Han Fui [5] và Monika S. Agrawal [6] đưa ra phương pháp thử nghiệm độ bền tĩnh trên khung xe tải và phương pháp đặt điều kiện biên. Các mẫu nhíp có vai trò hạn chế chuyển vị của khung theo 3 phương tịnh tiến trong mặt phẳng xyz và các phương quay. Do vậy ta chọn ngàm tại các vị trí mẫu bắt nhíp tại phía trước và vị trí liên kết thanh dẫn hướng và bóng khí nén tại phía sau.

Các lực tác dụng lên khung xe, ta quy về các vị trí riêng theo từng khối lực tác dụng. Trong thực tế, khung xe chịu tác dụng của lực từ tải trọng tác dụng lên tải trọng chính là hàng hóa chất lên khung xe với khối lượng là 1,25 tấn cùng với khối lượng thân thùng hàng gá lên khung xe khoảng 100kg, do đó tổng tải trọng là 1350kg.

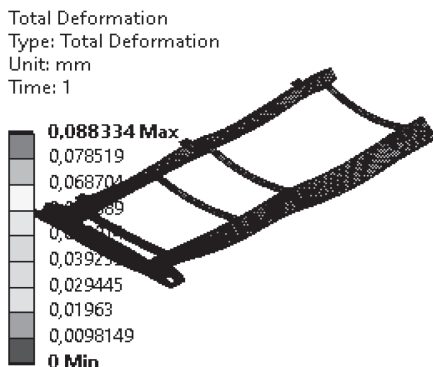
Thực tế, để tính độ bền khung xe khi chịu tải trọng động là rất khó khăn vì phải

xây dựng mô hình động lực học, xác định tải trọng động làm thông số đầu vào cho bài toán tĩnh bền. Mục đích chính trong nghiên cứu này là tính toán khả năng chịu tải trọng của khung xe trong trạng thái tĩnh nên các phân tích độ bền trong nghiên cứu này được nhóm tác giả khảo sát trong trạng thái tĩnh.

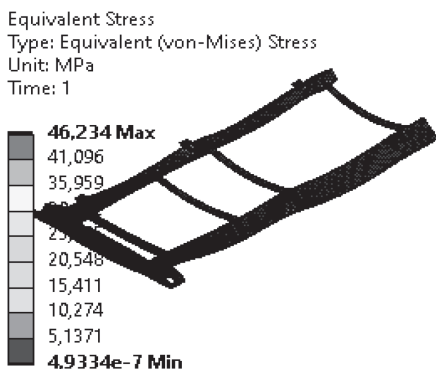


Hình 6. Điều kiện biên của mô hình khung xe

Sau khi tiến hành tính toán xong bằng phần mềm ta sẽ thu được ứng suất, biến dạng, chuyển vị dưới dạng các phổ màu.



Hình 7. Chuyển vị trên khung xe và vị trí có giá trị lớn nhất



Hình 8. Ứng suất tương đương trên khung xe và vị trí có giá trị lớn nhất

Kết quả phân tích cho thấy trường hợp này ứng suất lớn nhất đạt giá trị 46,23 MPa (hình 8), thấp hơn giá trị giới hạn của vật liệu là 250 MPa nên khung xe đảm bảo điều kiện bền phá hủy trong trường hợp này. Đối với chuyển vị của khung xe, giá trị lớn nhất đạt 0,088334mm cho thấy khung xe khi chịu tải trọng đầy tải thì chuyển vị của khung xe rất nhỏ, không gây ảnh hưởng đến kết cấu của khung xe và các chi tiết lắp trên khung xe.

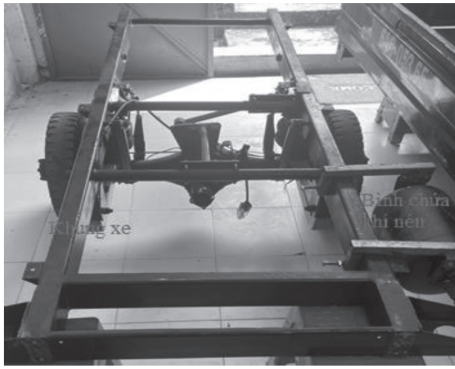
2.2.3. Chế tạo và lắp ráp các bộ phận của mô hình

Khung xe được thiết kế chế tạo phải đáp ứng được yêu cầu: Chế tạo dễ dàng, đảm bảo độ bền và tiết kiệm vật liệu, chi phí thấp. Khung xe được chế tạo từ thép hình chữ C, kết cấu các vị trí gá lắp trên khung phải khớp với khung xe tải 1,15 tấn nhằm mục đích sau khi thí nghiệm trên mô hình thì các chi tiết trên mô hình như ballon khí nén, bình chứa khí nén, các cảm biến, bộ điều khiển điện tử,... được tháo ra và lắp lại trên xe. Sau khi chế tạo xong lắp đặt hoàn chỉnh mô hình cần đảm bảo các yêu cầu:

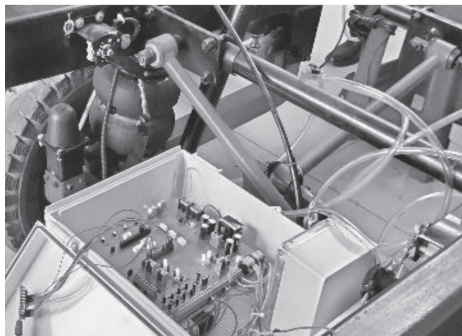
- Ballon khí nén 2 bên phải đối xứng nhằm đảm bảo việc chịu tải trọng là như nhau;

- Máy nén khí và bình chứa khí nén, các cảm biến, bộ điều khiển điện tử phải được lắp đặt chắc chắn trên khung xe để đảm bảo không bị rơi trong quá trình thí nghiệm;

- Hệ thống treo trước phải đảm bảo chiều cao nhằm giúp cho thân xe được cân bằng, đảm bảo thân xe không bị nghiêng trong quá trình thí nghiệm;



Hình 9. Khung xe sau khi được chế tạo



Hình 10. Lắp đặt bộ điều khiển điện tử và thí nghiệm thay đổi áp suất trong bóng khí nén

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo mô hình hệ thống treo khí nén trên xe tải 1,25 tấn. Mô hình được thiết kế phục vụ cho quá trình thí nghiệm nhằm

xác định giá trị tối ưu của áp suất trong bóng khí nén ứng với từng chế độ tải trọng khác nhau nhằm đảm bảo độ cao của thân xe không thay đổi khi tải trọng của xe thay đổi. Các bản vẽ chi tiết và bản vẽ lắp ghép được thực hiện bằng phần mềm Inventor. Đối với chi tiết chịu tải trọng là khung xe, sau khi thiết kế được tính toán mô phỏng bằng phần mềm Ansys nhằm đánh giá khả năng chịu tải (độ bền của khung xe) trong trạng thái tĩnh. Thông qua quá trình hoàn thiện mô hình này, nhóm tác giả tiến hành hiệu chuẩn mô hình nhằm xác định giá trị tối ưu giữa áp suất trong bóng khí nén với tải trọng của thân xe và tiến hành thực nghiệm đánh giá nhằm so sánh độ êm dịu của mô hình khi sử dụng hệ thống treo khí nén so với khi sử dụng hệ thống treo nhíp. Ngoài ra, mô hình này có thể đáp ứng được yêu cầu nghiên cứu, giảng dạy và học tập ngành Công nghệ Kỹ thuật Ô tô tại trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long.

Lời cảm ơn.

Nghiên cứu này được thực hiện có sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Mã số: CB2023-15 T2017-PC-053 của Bộ Lao động Thương binh và Xã hội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trương Mạnh Hùng (2017), *Nghiên cứu dao động của ô tô khách có sử dụng hệ thống treo khí nén*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông vận tải.
- [2]. Vũ Thành Niêm (2021), *Nghiên cứu hệ thống treo đoàn xe theo hướng giảm tải trọng động*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [3]. Luong Van Van, Nguyen Thanh Tung (2023) Application of Air Suspension System on Multipurpose Forest Fire Fighting Vehicle for Reducing Dynamic Load, *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, doi.org/10.1007/s42417-023-01069-2.
- [4]. Trương Đăng Việt Thắng, Nguyễn Trọng Hoan, *Xây dựng mô hình nghiên cứu độ bền khung sơ mi rơ moóc sử dụng Hyperworks*, Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X, Hà Nội, 8-9/12/2017, trang 494 – 501.
- [5]. Teo Han Fui, Roslan Abd. Rahman, *Statics and Dynamics Structural Analysis Of A 4.5 Ton Truck Chassis*, (*Jurnal Mekanikal* December 2007, No. 24, 56 – 67).
- [6]. Monika S. Agrawal, *Finite Element Analysis of Truck Chassis Frame*, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* (Volume: 02 Issue: 03 | June-2015).