

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TREO CẦU SAU CỦA XE ĐIỆN HaUI-EV2

THE REAR SUSPENSION DESIGN OF THE ELECTRIC VEHICLE HaUI-EV2

Nguyễn Anh Ngọc

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nội dung nghiên cứu thiết kế hệ thống treo cầu sau cho xe điện HaUI-EV2. Dựa trên các thông số đã cho của xe điện cơ sở, phần tử đàn hồi là nhíp lá được tính toán thiết kế và mô phỏng kiểm nghiệm bền bằng phần mềm Ansys để cho ra được biểu đồ ứng suất và độ dịch chuyển của các lá nhíp. Kết quả mô phỏng được sử dụng để phân tích và đánh giá dưới các điều kiện làm việc khác nhau. Ứng suất sinh ra trên bề mặt các lá nhíp cần phải phù hợp với vật liệu đã chọn và đảm bảo đủ bền. Chuyển vị của các lá nhíp phải đảm bảo không lớn hơn giới hạn cho phép về động học của hệ thống treo cầu sau theo thiết kế. Kết quả của bài báo là cơ sở để hoàn thiện thiết kế và chế tạo mô hình hệ thống treo cầu sau trên xe điện HaUI-EV2 trong tương lai.

Từ khóa: Hệ thống treo, độ bền, nhíp lá, Ansys, HaUI-EV2.

ABSTRACT

This article presents the content of studying on the designing of rear suspension of the electric vehicle HaUI-EV2. Based on the giving parameters of the HaUI-EV2's concept, the springs were designed and simulated by Ansys software to get the equivalent stress and deformation of the leaf springs. After that, the results were analyzed and evaluated under the working conditions. The equivalent stress on the surface along the leaf springs must be satisfied with selected material and ensured the material fatigue. Moreover, the maximum deformation of the any leaf spring is also under the limitation following the kinetics calculating of the rear suspension. The achievement of this study is the major factor to complete the design as well as manufacture of the rear suspension system of electric car HaUI-EV2 in the near future.

Keywords: Suspension, fatigue, leaf spring, Ansys, HaUI-EV2.

Khoa Công nghệ ô tô, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Email: ngocnoto@haui.edu.vn

Ngày nhận bài: 13/01/2019

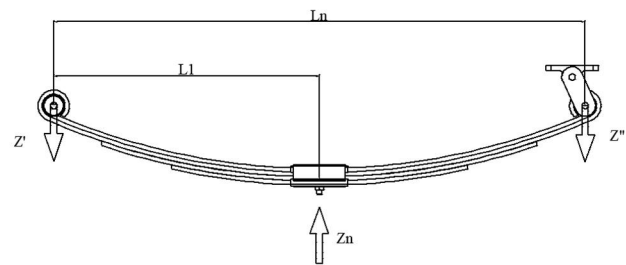
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 19/4/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2019

1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Sự êm dịu của xe ảnh hưởng tới sức khỏe người lái và chất lượng của hàng hóa trong khi tham gia giao thông đa phần được quyết định bởi hệ thống treo. Do đó, tiêu chuẩn của hệ thống treo ngày càng trở nên khắt khe và đòi hỏi nhà sản xuất phải đưa ra những thiết kế hợp lý, phù hợp với yêu cầu của thị trường. Dựa vào những chỉ tiêu đã lựa chọn ban đầu như chỉ tiêu về độ bền, chỉ tiêu về độ tin cậy, chỉ tiêu kinh tế,... tác giả đã lựa chọn giảm chấn kết hợp nhíp lá để thiết kế lắp đặt cho hệ thống treo cầu sau của xe điện

HaUI-EV2. Trong nghiên cứu này, việc tính toán thiết kế các và kiểm nghiệm bền các lá nhíp được giới thiệu.



Hình 1. Sơ đồ lực tác dụng lên các lá nhíp

Quá trình nghiên cứu bỏ qua lực dọc tác dụng lên tại nhíp gây ra bởi góc α [1] khi quai treo bị đặt nghiêng vì nó không ảnh hưởng quá nhiều đến độ bền của nhíp khi tính toán. Các lực thẳng đứng tác dụng lên nhíp là bao gồm:

Z_n : Lực tác dụng lên nhíp từ phía dầm gầm.

Z' , Z'' : Tải trọng thẳng đứng phần được treo tác dụng lên hai tại nhíp.

Ở trạng thái tĩnh, ta có:

$$Z_n = Z_{bx} - \frac{1}{2} \cdot (G_{bx} + G_c) \quad (1)$$

Trong đó:

- Z_{bx} : Phản lực tác dụng lên các bánh xe.

- G_{bx} , G_c : Trọng lượng của bánh xe và cầu.

Với các thông số ban đầu, tác giả đã tính toán được lực tác dụng lên các lá nhíp ở trong các công trình nghiên cứu khác và đưa vào phần mềm Ansys để mô phỏng ra ứng suất tác dụng trên các lá nhíp ở trạng thái tĩnh. Trong quá trình thiết kế, tác giả đã đưa ra những thay đổi về thiết kế để thu được kết quả tốt nhất về mặt ứng suất và chuyển vị để đảm bảo yêu cầu về đặc tính động lực học của hệ thống treo cầu sau xe điện HaUI-EV1.

2. THIẾT KẾ TÍNH TOÁN SƠ BỘ CÁC LÁ NHÍP

Để tính toán sơ bộ chiều dài toàn bộ của nhíp L_n và các thông số liên quan, các thông số đã cho của xe điện HaUI-EV2 được đưa vào như chiều dài cơ sở của xe L ; khoảng cách giữa hai quang nhíp d ; mô đun đàn hồi của vật liệu chế tạo thép E ...

* **Tính toán chiều dài toàn bộ của nhíp L_n :**

$$\begin{aligned} L_n &= (0,4 \div 0,55) \cdot L \\ &= (0,4 \div 0,55) \cdot 1860 = 744 \div 1023 \text{mm} \end{aligned} \quad (2)$$

L: chiều dài cơ sở của xe.

Từ kết quả trên, chọn $L_n = 1020\text{mm}$.

Chọn khoảng cách giữa hai quang nhíp: $d = 70\text{ mm}$.

Ta có: $L_n = L_n - 2n$ (3)

Trong đó: $n = \frac{d}{2} = \frac{70}{2} = 35\text{ mm}$.

Thay số vào công thức trên ta được:

$L_n = 1020 - 70 = 950\text{mm}$.

Vì đây là nhíp elip lắp đối xứng nên: $L_{h1} = L_{h2} = 475\text{ mm}$.

*** Tính toán mô men chống uốn của nhíp:**

Mô men chống uốn (M_u):

$$M_u = \frac{Z_n I_1}{L_n} = Z' I_1 = \frac{3467,18 \cdot 0,475^2}{1020} = 884,13 \quad (4)$$

Trong đó: Z' : Lực tác dụng tại 1 bên tai nhíp;

I_1 : Chiều dài nửa hiệu dụng một bên quang nhíp

Mô men quán tính tổng (J_Σ):

$$J_\Sigma = \delta \frac{I_{h1}^2 + I_{h2}^2}{3EL_h} \cdot \frac{Z_n}{f_n} \quad (5)$$

$$= 1,27 \cdot \frac{0,475^2 \cdot 0,475^2}{3 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 0,95} \cdot \frac{3467,18}{0,06} = 6,14469 \cdot 10^{-9}$$

Hệ số biến dạng nhíp: $\delta = 1,27$

Hệ số đàn hồi: $E = 8 \cdot 10^{10}\text{ N/mm}^2$

Mô men chống uốn của tiết diện [2]:

$$W_u = \frac{M_u}{\sigma_{\max}} = \frac{884,13}{950 \cdot 10^6} = 9,3066510^{-7} \quad (6)$$

M_u : Mô men chống uốn;

σ_{\max} : Ứng suất uốn cho phép cực đại.

*** Tính toán chiều dày của các lá nhíp h_{tb} :**

Ta có:

$$y = \frac{J_\Sigma}{W_u} = \frac{6,14469 \cdot 10^{-9}}{9,3066510^{-7}} = 0,006602475\text{m}$$

Chọn $y = 0,004\text{ mm}$. Chiều cao trung bình của tiết diện:

$$h_{tb} = 2y = 2 \cdot 0,004 = 0,008\text{ m}$$

*** Tính toán chiều rộng của lá nhíp chính b:**

Ta có: $6 < \frac{b}{h} < 10$ (m) $\Rightarrow 0,048 < b < 0,08\text{ m}$

Chọn $b = 0,055\text{ m} = 5,5\text{cm}$

*** Tính toán α_{cc} của các lá nhíp:**

Ta có công thức:

$$n = \frac{12 \cdot J_\Sigma}{b \cdot h_{tb}^3} = \frac{12 \cdot 6,14469 \cdot 10^{-9}}{0,055 \cdot 0,008^3} = 2,62 \text{ cái} \quad (7)$$

Để đảm bảo đủ bền cũng như dễ chế tạo, nhóm nghiên cứu đã chọn số lá nhíp $n = 4$.

Dựa vào các thông số của lá nhíp chính ta tiến hành tính toán các lá nhíp 2, 3, 4. Mô men quán tính của tiết diện lá nhíp ngắn nhất:

$$J_{cc} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,055 \cdot 0,008^3}{12} = 2,34667 \cdot 10^{-9} \quad (8)$$

Chọn $\alpha_{cc} = 1,2$.

*** Tính tỷ số γ :**

Giá trị γ phụ thuộc vào kết cấu của bộ nhíp, ta có thể chọn tỉ số này trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng giá trị γ

Loại nhíp	Giá trị γ đối với các lá nhíp			
	Lá chính	Lá thứ 2	Lá thứ 3	Các lá tiếp theo
Có lá thứ 2 dài bằng lá chính	$0,6 \div 0,8$	$0,6 \div 0,8$	$0,9 \div 1$	1
Các lá có chiều dài khác nhau	$0,5 \div 0,7$	$0,7 \div 0,9$	$0,9 \div 1$	1

Nếu nhíp được nối với bản lề với khung thì có thể lấy gần giới hạn dưới. Nếu các đầu nhíp đặt ở gối cao su thì lấy gần dưới hạn trên.

Như vậy ta chọn $\gamma_1 = 0,6, \gamma_2 = 0,9, \gamma_4 = 1$.

*** Tính hệ số K_p :**

Hệ số K_p là hệ số tính ảnh hưởng của lá nhíp dưới cùng đến sự phân bố ứng suất giữa các lá và được xác định theo công thức:

$$K_p = \left(1 - \alpha_{cc} \frac{J_{cc}}{J_\Sigma} \right) \frac{J_\Sigma}{J_\Sigma - J_{cc}} \quad (9)$$

$$= \left(1 - 1,22 \cdot \frac{2,34667 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9}} \right) \frac{6,14469 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9} - 2,34667 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 0,876427099$$

Trong đó: J_{cc} : Mô men quán tính tiết diện lá nhíp ngắn nhất.

$\alpha_{cc} = 1,2$: Hệ số sự tăng ứng suất trong lá nhíp ngắn nhất.

*** Tính toán chiều dài của các lá nhíp L_i :**

Sau khi đã chọn được các thông số ở trên, ta thay vào công thức để tính lần lượt chiều dài các lá nhíp như sau:

$$L_{i+1} = L_i - x_i \quad (10)$$

$$x_i = \frac{K_p \gamma_i (P_i L_i) y_i}{J_\Sigma} \cdot \frac{W_i}{P_i} = \frac{K_p \gamma_i (P_i L_i) J_1}{J_\Sigma P_i} \quad (11)$$

Trong đó: J_1 : Mô men quán tính tiết diện lá nhíp thứ nhất.

+ Lá thứ nhất có chiều dài $L_1 = 1020\text{ mm}$

+ Lá thứ 2 ($i = 1$):

$$L_2 = L_1 - x_1 \quad (12)$$

$$x_1 = \frac{K_p \gamma_1 L_1 J_1}{J_\Sigma} \quad (13)$$

$$= \frac{0,876427099 \cdot 0,7 \cdot 1020 \cdot 2,34667 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9}} = 53,63\text{mm}$$

$$L_2 = L_1 - x_1 = 1020 - 53,63 = 966,37 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{chọn } L_2 = 966 \text{ mm}$$

+ Lá thứ 3

$$L_3 = L_2 - x_2 \quad (14)$$

Tính β_2 :

$$\beta_2 = \frac{L_1}{L_2} \left(1 - \frac{K_p J_1}{J_\Sigma} \right) \quad (15)$$

$$= \frac{966}{1020} \left(1 - \frac{0,876427099 \cdot 2,34667 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9}} \right) = 0,962997$$

$$x_2 = \frac{K_p \gamma_2 L_2 J_2}{J_\Sigma \beta_2} \quad (16)$$

$$= \frac{0,876427099 \cdot 0,7966 \cdot 2,2 \cdot 34667 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9} \cdot 0,962997} = 129,96 \text{ mm}$$

$$\text{Vậy } L_3 = 966 - 129,66 = 836,4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{Chọn } L_3 = 836 \text{ mm}$$

+ Lá thứ 4

$$L_4 = L_3 - x_3 \quad (17)$$

$$\beta_3 = \frac{L_2}{L_3} \frac{L_1}{L_3} \frac{K_p J_2}{J_\Sigma \beta_2} \quad (18)$$

$$= \frac{966}{836} \frac{1020}{836} \frac{0,876427099 \cdot 4,69333 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9} \cdot 0,962997} = 0,933407$$

$$x_3 = \frac{K_p \gamma_3 L_3 J_3}{J_\Sigma \beta_2 \beta_3} \quad (19)$$

$$= \frac{0,876427099 \cdot 0,91020 \cdot 3,2 \cdot 34667 \cdot 10^{-9}}{6,14469 \cdot 10^{-9} \cdot 0,962997 \cdot 0,933407} = 268,52$$

$$L_4 = L_3 - x_3 = 836 - 268,52 = 567,48 \text{ mm}$$

$$\text{Vậy chọn } x_3 = 568 \text{ mm}$$

Tổng hợp lại, thu được bảng thông số tính toán của các lá nhíp như bảng 2.

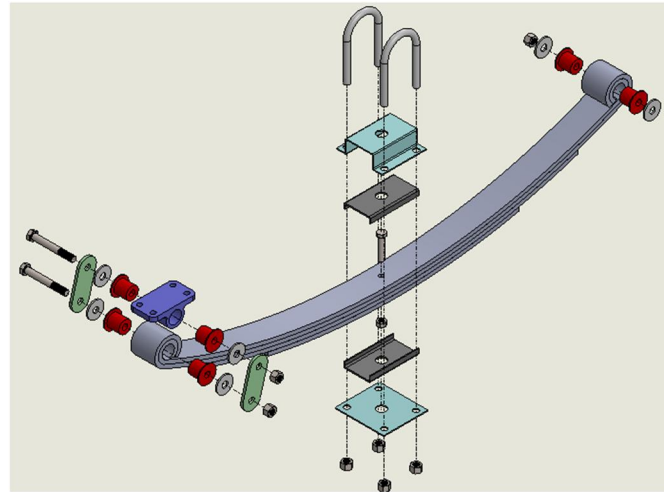
Bảng 2. Bảng thông số tính toán các lá nhíp

STT	Chiều dài các lá nhíp	Thành phần x	Thành phần β
1	$L_1 = 1020$		
2	$L_2 = L_1 - x_1 = 966$	$x_1 = 53,63$	$\beta_2 = 0,962997$
3	$L_3 = L_2 - x_2 = 836$	$x_2 = 129,96$	$\beta_3 = 0,933407$
4	$L_4 = L_3 - x_3 = 568$	$x_3 = 268,52$	

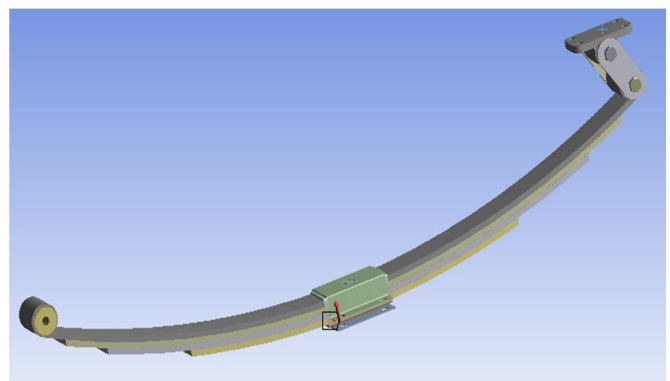
3. MÔ PHỎNG VÀ CẢI TIẾN THIẾT KẾ CỦA HỆ THỐNG TREO

Bằng những thông số cơ bản được tính toán sơ bộ ở phần trên, nhíp của xe điện HaUI-EV2 thiết kế như trong hình 2.

Ở trạng thái tĩnh nhíp chịu lực từ khung xe và cầu xe. Các điều kiện ràng buộc được thiết lập ban đầu như các thành phần lực ở vị trí mũi tên màu đỏ; nằm ở giá đỡ quang treo; chuyển động quay đảm bảo mô hình hoạt động đúng với động học của hệ thống treo nhíp trên thực tế (hình 3).

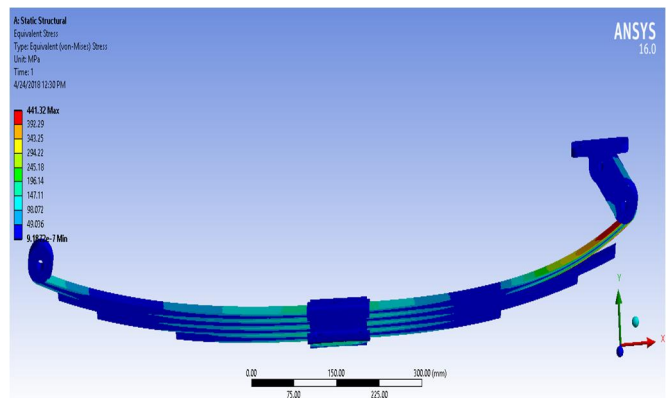


Hình 2. Kết cấu nhíp của hệ thống treo sau xe điện HaUI-EV2



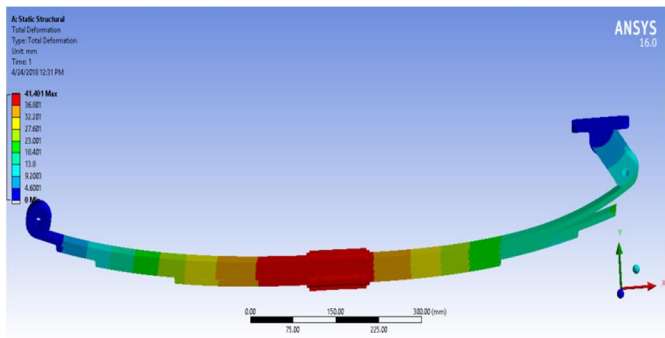
Hình 3. Sơ đồ đặt lực của nhíp lá

Sau khi thiết lập các điều kiện về hình dáng, kích thước sơ bộ và điều kiện về tải trọng. Mô hình nhíp lá được mô phỏng để kiểm nghiệm bền bằng phần mềm Ansys để tính toán ra ứng suất và chuyển vị lớn nhất của nhíp [3]. Kết quả mô phỏng được cho ở hình 4 và 5.



Hình 4. Ứng suất sinh ra tại nhíp

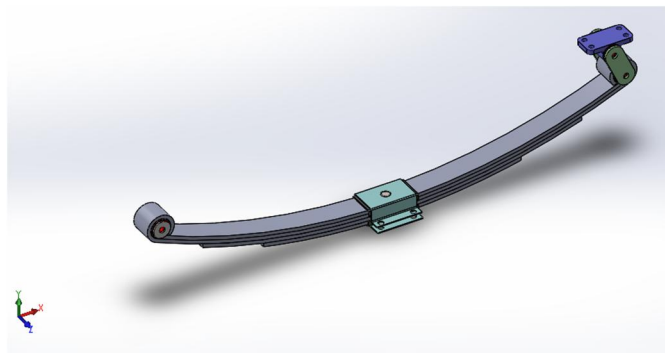
Nhìn vào biểu đồ ứng suất hình 4, ta thấy nơi chịu ứng suất lớn nhất đó là màu đỏ ở cạnh phía tai quang treo di động của nhíp là 441Mpa so với ứng suất lớn nhất mà vật liệu 50CrV4 có thể chịu được là 1200Mpa [4] thì đây là lá nhíp an toàn. Hệ số an toàn sẽ lên tới hơn 2. Vì vậy, khi xe chịu tải trọng vượt mức cho phép vẫn sẽ hoạt động tốt và đảm bảo an toàn.



Hình 5. Chuyển vị của nhíp lá

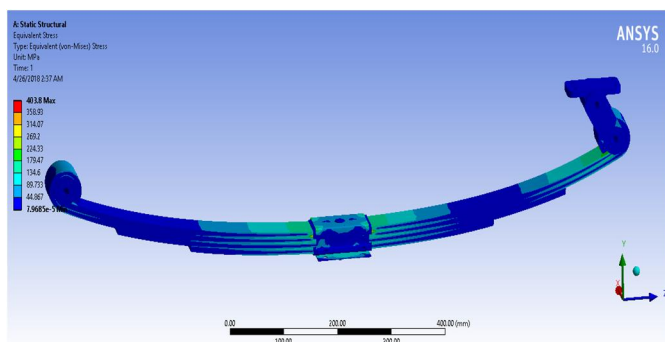
Kết quả hình 5 cho thấy, độ dịch chuyển này thấp hơn so với độ võng tĩnh ft ban đầu đưa ra là 200mm. Như vậy, nhíp đã đạt yêu cầu ban đầu đưa ra.

Mặc dù vật liệu của nhíp có thể chịu được ứng suất lớn nhưng ở vị trí màu đỏ hiển thị trên biểu đồ ứng suất cho thấy sự chênh lệch ứng suất giữa hai bên tai nhíp (hình 4). Việc mất cân bằng như vậy sẽ làm lá nhíp chính có độ bền không cao. Vì ứng suất lớn nhất tập trung ở phần gần tai nhíp phía bên giá đỡ di động nên tác giả đã thay đổi lá nhíp thứ hai về độ dài và cấu tạo của tai nhíp như hình 6.



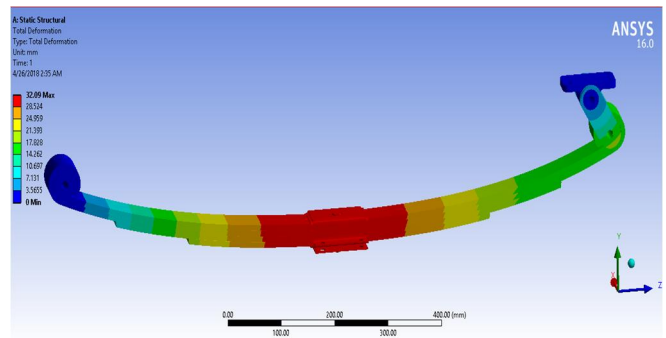
Hình 6. Kết cấu của nhíp sau cải tiến

Bằng phương pháp mô phỏng [5] tương tự đối với lá nhíp chưa cải tiến, kết quả thu được đã tốt hơn rất nhiều. Ứng suất và chuyển vị của các lá nhíp đã giảm đáng kể như trên hình 7 và 8.



Hình 7. Ứng suất sinh ra trên nhíp sau cải tiến

Hình 7 mô tả ứng suất tác dụng của trên lá nhíp chính. Từ khoảng 400Mpa xuống còn 200Mpa tại cùng một vị trí. Lực tác dụng tập trung nhiều hơn vào ở trung tâm của bộ nhíp, điều này giúp cho thấy tải trọng phân bố đã trở lên đồng đều hơn. Vậy cải tiến đã có hiệu quả.



Hình 8. Độ dịch chuyển của nhíp

Qua hình 8 có thể thấy được rằng, độ dịch chuyển của nhíp đã giảm, chứng tỏ rằng nhíp đã trở lên cứng hơn so với ban đầu, 32mm so với 41 mm. Như vậy, kết cấu của nhíp đã trở lên cứng hơn do đó độ võng tĩnh cũng giảm đi một lượng đáng kể. Điều này có thể ảnh hưởng tới độ êm dịu chuyển động của xe. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chỉ quan tâm đến độ bền và động học của hệ thống treo cầu sau xe điện HaUI-EV2. Phần kiểm nghiệm đặc tính dao động và độ êm dịu chuyển động của xe sẽ được nghiên cứu và công bố trong thời gian tới.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã công bố kết quả nghiên cứu ban đầu về hệ thống treo cầu sau xe điện HaUI-EV2. Các thông số về kết cấu của nhíp được tính toán sơ bộ và kiểm nghiệm bền bằng phần mềm Ansys. Kết quả cho thấy ứng suất tương đương sinh ra giữa các bề mặt lá nhíp đảm bảo đủ bền với hệ số an toàn lớn. Nhằm cải thiện chất lượng và đảm bảo an toàn mỗi, kết cấu nhíp được cải tiến nhằm giảm ứng suất lớn nhất tập trung tại quang treo di động từ 441MPa xuống còn chỉ khoảng 200MPa. Độ võng tĩnh của hệ thống đảm bảo nằm trong giới hạn cho phép với các thông số lựa chọn ban đầu.

Các kết quả của bài báo sẽ đóng góp phần quan trọng trong quá trình mô phỏng dao động của toàn bộ xe để kiểm tra điều kiện êm dịu chuyển động trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. T. N. H. Việt, 2000. *Giáo trình Kết cấu và tính toán ô tô*. Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- [2]. Lê Viết Giảng, Phan Kỳ Phùng, 1997. *Sức bền vật liệu, tập 1, 2*. Nhà xuất bản Giáo dục.
- [3]. Đỗ Thành Trung. *ANSYS - "Phân tích ứng suất và biến dạng"*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
- [4]. Matbase.com, 2016. [Online]. Available: <https://www.matbase.com/material-categories/metals/ferrous-metals/spring-steel/material-properties-of-50crv4-din-en-10277-spring-steel-grade.html#properties>.
- [5]. ANSYS, *ANSYS Mechanical Tutorials*, Canonsburg, Pennsylvania, 2016.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen Anh Ngoc

Faculty of Automobile Technology, Hanoi University of Industry