

## Nghiên cứu thiết kế cơ cấu leo cầu thang của xe lăn điện dùng cho người khuyết tật

A study of designing the stair-climbing mechanism for electric-powered wheelchair used by the disabled

Lê Hồng Kỳ

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

Email: [kylh@vlute.edu.vn](mailto:kylh@vlute.edu.vn)

Mobile: 0913631712

---

### Tóm tắt

#### Từ khóa:

Cơ cấu leo cầu thang; Động học, Động lực học; Truyền động; Xe lăn điện.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, thiết kế xe lăn điện có khả năng leo cầu thang. Nghiên cứu tập trung vào việc cải tiến, phát triển cụm truyền động cơ khí của cơ cấu leo cầu thang, đây là thành phần chính của xe lăn điện leo cầu thang dùng cho người khuyết tật. Khảo sát động học, động lực học và mô phỏng hoạt động của xe được thực hiện bằng các phần mềm chuyên nghiệp. Việc chế tạo được thực hiện tại Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long, nhóm nghiên cứu đang thực hiện các thử nghiệm để hoàn thiện thiết kế và chế tạo.

### Abstract

#### Keywords:

Dynamics, electric - powered wheelchair, kinetics, stair - climbing structure.

The objective of this article is to report the results of studying, designing electric-powered wheelchair that can climb stairs. The study focuses on innovating and developing mechanical transmission assemblies of the stair-climbing mechanism, they are the main components of stair-climbing wheelchairs used by the disabled. Observing kinetics, dynamics and simulating the wheelchair motion are done by professional softwares. Manufacturing and testing were implemented at Vinh Long University of Technology Education, the research group is carrying out experiments to finish the design and manufacture.

---

Ngày nhận bài: 17/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 08/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

---

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các loại xe lăn điện phổ biến trên thế giới hiện nay đều chưa có khả năng leo lên các bậc cầu thang. Ở Việt Nam, việc thiết kế và chế tạo xe lăn điện tự hành cũng mới chỉ ở giai đoạn nghiên cứu, chưa có nghiên cứu về xe lăn điện leo cầu thang. Nghiên cứu, phát triển và chế tạo các xe lăn có khả năng leo cầu thang sẽ giúp cải thiện và nâng cao chất lượng cuộc sống của hàng triệu người khuyết tật, đặc biệt là người khuyết tật sống các đô thị.

Trong các nghiên cứu trước đây (phiên bản VLUTE-CWC 1.0, VLUTE-CWC 1.1, VLUTE-CWC 1.2 và VLUTE-CWC 1.3) [3,4], tác giả cùng nhóm nghiên cứu đã xây dựng một số mô hình nguyên lý và tiến hành thiết kế, chế tạo, thử nghiệm xe lăn điện leo cầu thang, hình 1.

Qua thử nghiệm, xe lăn điện leo cầu thang phiên bản VLUTE-CWC 1.0 hoạt động tốt trên đường bằng phẳng, gồ ghề, cũng như trên đường có góc nghiêng dưới  $15^0$ , nhưng khi leo cầu thang xe hoạt động chưa ổn định. Tác giả và các cộng sự đã tiếp tục cải tiến cơ cấu leo cầu thang ở các phiên bản VLUTE-CWC 1.1, VLUTE-CWC 1.2. Tới phiên bản VLUTE-CWC 1.3, hình 1b, xe lăn điện leo cầu thang không những thay đổi cơ cấu leo cầu thang mà còn thay đổi các kết cấu khác của xe cho phù hợp. Với phiên bản này, hoạt động leo cầu thang của xe đã ổn định hơn nhưng vẫn còn một số hạn chế cần tiếp tục nghiên cứu phát triển.

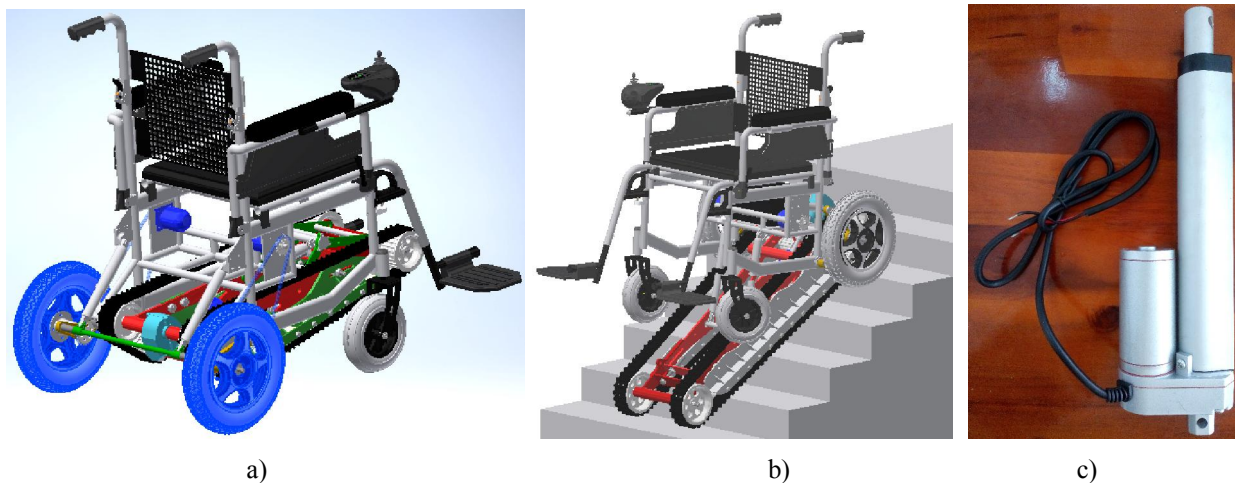


**Hình 1.** Mô hình xe lăn điện leo cầu thang

a) Phiên bản VLUTE-CWC 1.0      b) Phiên bản cải tiến VLUTE-CWC 1.3

## 2. CẢI TIẾN, PHÁT TRIỂN CƠ CẤU LEO CẦU THANG

Mô hình xe lăn điện leo cầu thang cải tiến được trình bày trong bài báo này (phiên bản VLUTE-CWC 2.0), hình 2, nhằm khắc phục hiện tượng xe không đảm bảo đi thẳng khi lên các bậc cầu và bị giật khi qua bậc thang cuối cùng... như ở phiên bản VLUTE-CWC 1.3.



**Hình 2.** Mô hình xe lăn điện leo cầu thang VLUTE-CWC 2.0

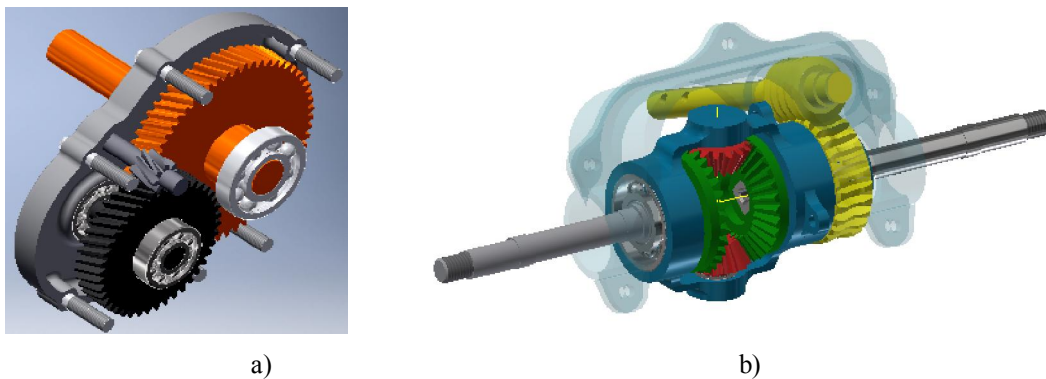
a) Khi xe đi trên đường bằng      b) Khi xe leo cầu thang      c) Động cơ điện dạng piston - xy lanh

Khi xe di chuyển trên đường bằng phẳng hay gồ ghề với góc nghiêng không quá  $15^{\circ}$ , các bánh xe nhận chuyển động từ động cơ, qua hộp giảm tốc và bộ truyền động xích tới trục bánh sau, hình 2a. Bánh trước có thể xoay được mọi hướng, làm tăng khả năng điều khiển của xe.

Trường hợp xe lên cầu thang, khi người sử dụng lùi xe để hai bánh sau chạm vào bậc cầu thang đầu tiên và nhấn nút điều khiển, lúc đó hai bánh sau được động cơ dạng piston - xy lanh (hình 2c) kéo lên đồng thời cặp động cơ piston - xy lanh khác nâng thân xe, làm cho hai dây đai răng có kết cấu đặc biệt tiếp xúc với mặt đường. Động cơ của cơ cấu leo cầu thang qua hộp giảm tốc (hay hộp cầu chủ động) truyền tới các trục bánh đai chủ động làm xe lên cầu thang nhưng ghế ngồi vẫn nằm ngang nhằm đảm bảo an toàn cho người sử dụng, hình 2b.

### 2.1. Cụm cầu chủ động của cơ cấu leo cầu thang

Ở chế độ làm việc bình thường, vẫn sử dụng động cơ và hộp giảm tốc như phiên bản VLUTE-CWC 1.0 (hình 3a), qua bộ truyền động xích tới trục bánh sau, hình 2a, làm xe di chuyển với tốc độ cần thiết.



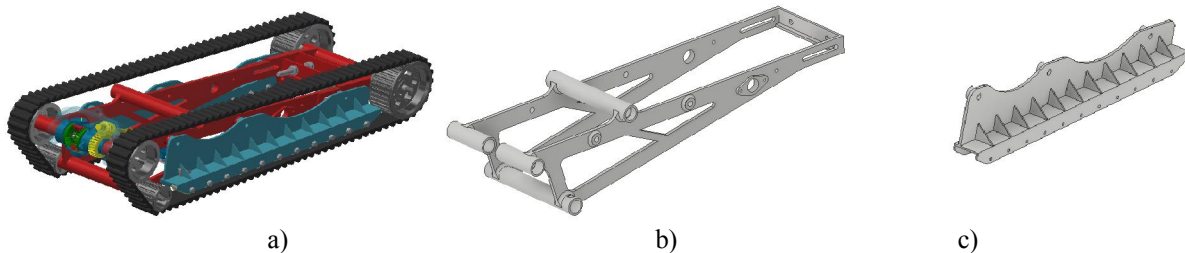
**Hình 3.** Bản vẽ 3D hộp giảm tốc

- a) Hộp giảm tốc khi xe làm việc bình thường  
b) Hộp giảm tốc cơ cấu leo cầu thang ở phiên bản VLUTE-CWC 2.0

Khi xe lên cầu thang, động cơ gắn trên của cơ cấu sẽ truyền chuyển động tới hộp giảm tốc (trục vít - bánh vít, bộ vi sai), từ đây chuyển động được truyền tới trục chịu lực chính của hai bánh đai chủ động, hình 2b, hình 3b.

### 2.2. Cơ cấu leo cầu thang

Khác với xe lăn leo cầu thang phiên bản VLUTE-CWC 1.3, cơ cấu leo cầu thang của xe lăn cải tiến VLUTE-CWC 2.0 là một đơn nguyên đặt dưới khung xe và chỉ hoạt động khi nút ấn điều khiển động cơ DC 24V được bật, hình 4.



**Hình 4.** Kết cấu cơ khí cụm truyền động cơ cấu leo cầu thang  
a) Cơ cấu leo cầu thang      b) Khung chịu lực chính      c) Khung phụ

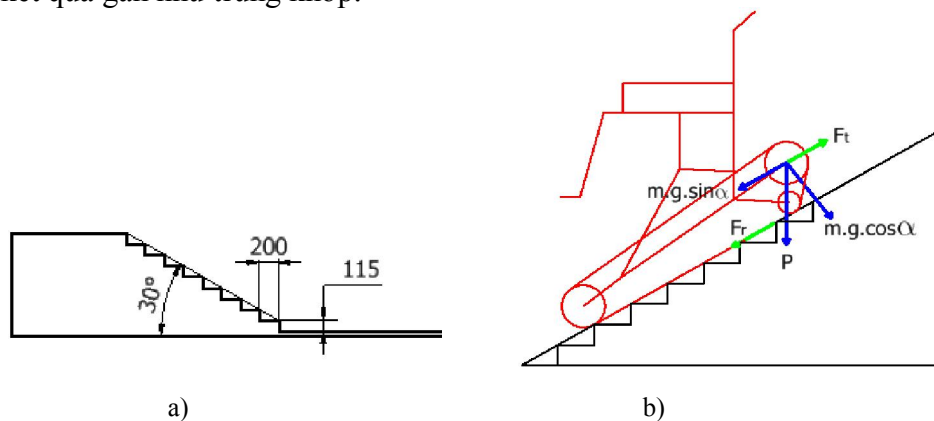
### 3. TÍNH TOÁN CƠ CẤU LEO CẦU THANG

#### 3.1. Tính toán động học, động lực học khi xe leo cầu thang

Tính toán động học và động lực học khi xe chuyển động trên đường bằng phẳng (hoặc lên dốc với góc nghiêng dưới  $15^0$ ) đã được tác giả thực hiện [4]. Trong đó, tải trọng (bao gồm trọng lượng người, tự trọng xe) là 2000N, mỗi dầm trên khung sẽ chịu tải 1000N; nguồn động lực từ động cơ DC 24V có công suất 500W, số vòng quay 120 rpm.

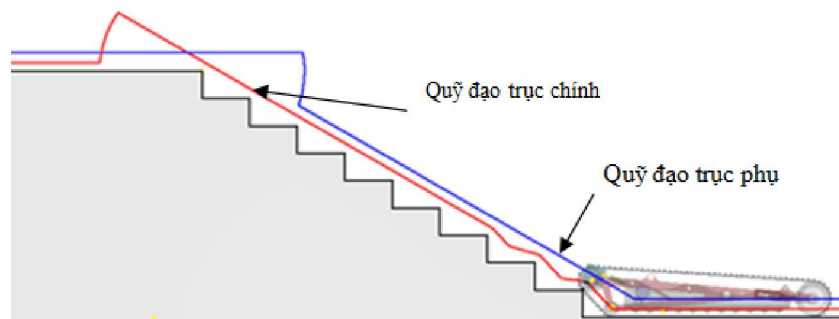
Khi xe tới các bậc cầu thang, cơ cấu leo cầu thang sẽ hoạt động. Đường truyền động bắt đầu từ trục động cơ qua hộp giảm tốc trục vít (Worm) - bánh vít (Worm gear) và bộ vi sai (Differential gear) làm quay bánh đai chủ động (Pulley 1). Cơ cấu leo cầu thang sử dụng bộ truyền đai với bánh dây đai răng đặc biệt (Belt) để thực hiện chức năng leo cầu thang. Đây cũng chính là trường hợp khi xe xuống các bậc cầu thang, hình 5.

Trong cả hai trường hợp, ngoài việc tính toán theo các công thức kinh điển, tác giả đã sử dụng công cụ phân tích tính toán tích hợp trong phần mềm Inventor để kiểm nghiệm. Cả hai cách tính đều cho kết quả gần như trùng khớp.



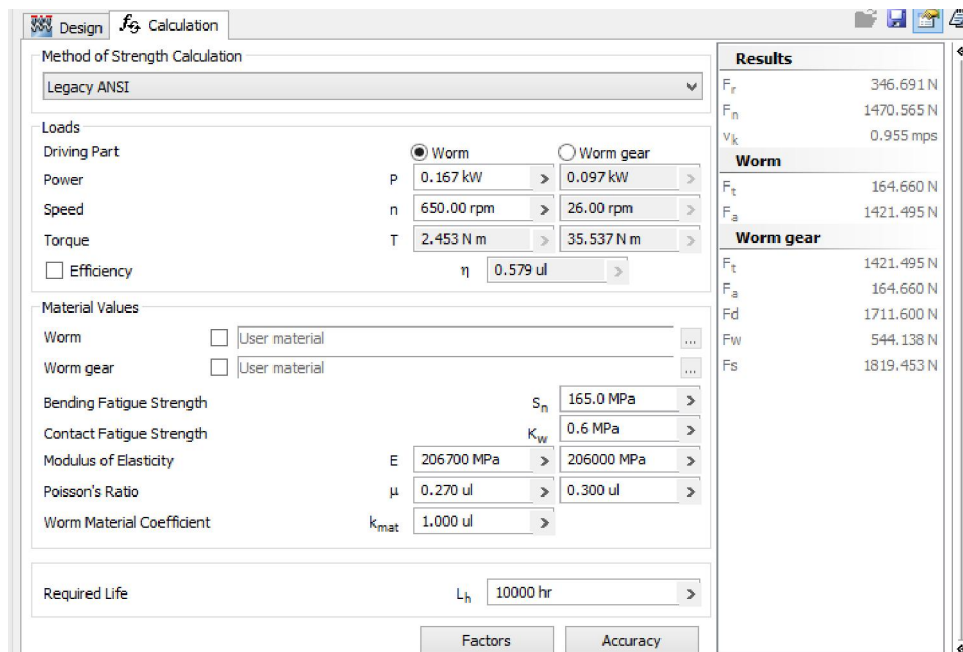
**Hình 5.** Hoạt động của cấu cơ leo cầu thang  
a) Kích thước cầu thang      b) Các thành phần lực tác động

Quỹ đạo chuyển động của điểm gắn trên các trục chính và trục phụ cơ cấu leo cầu thang khi sử dụng Inventor mô phỏng chuyển động của xe lên các bậc cầu thang xác định như hình 6.



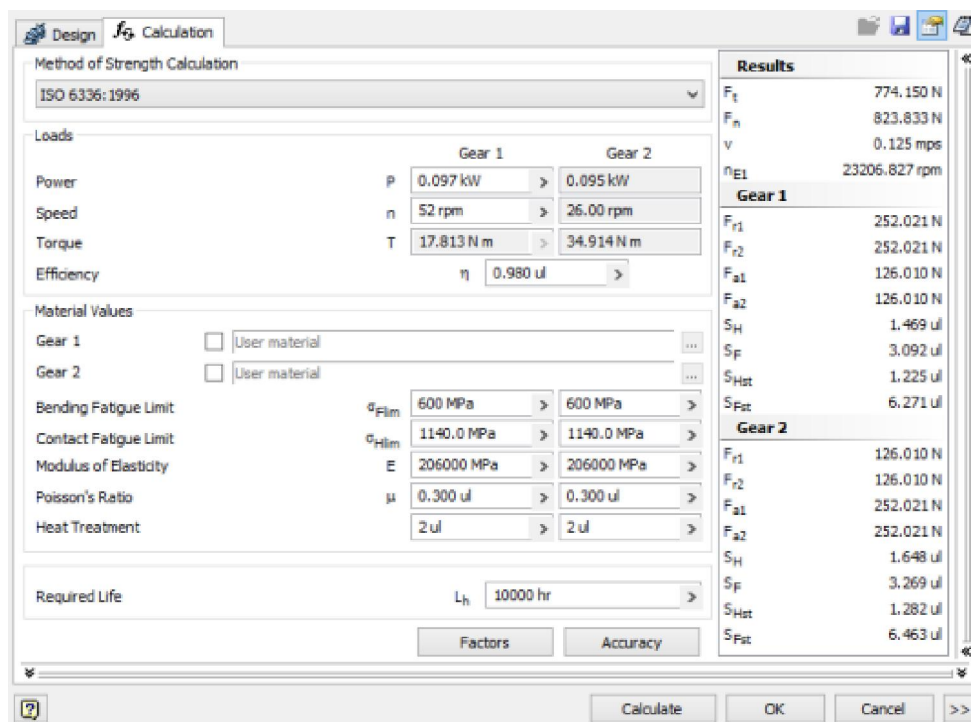
**Hình 6.** Quỹ đạo chuyển động của trục chính và trục phụ

Kiểm nghiệm tính toán động học và động lực học khi xe chuyển động lên các bậc cầu thang với mặt phẳng nghiêng  $30^0$  được xác định như các hình 7, 8 và 9.



Hình 7. Truyền động trục vít - bánh vít của hộp giảm tốc

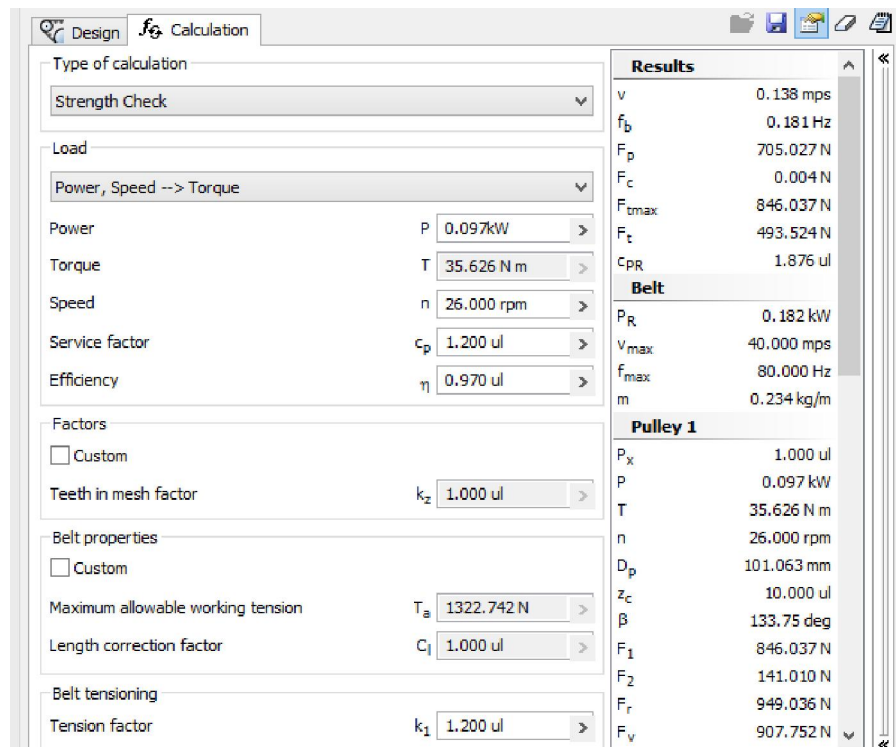
Ở đây, lấy các thông số động cơ làm các thông số vào của trục vít (chuyển động của trục động cơ được truyền trực tiếp đến trục vít qua khớp nối cứng, coi như hiệu suất truyền  $\eta = 1$ ).



Hình 8. Truyền động cặp bánh răng vi sai

Ở điều kiện bình thường, hai cặp vi sai có cùng momen xoắn và số vòng quay nên chỉ tính cho một cặp.





Hình 9. Truyền động bánh đai - dây đai răng khi xe lăn điện leo cầu thang

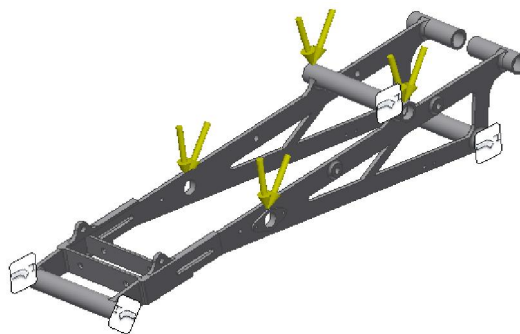
Thông số đầu vào là thông số của bánh vít, công suất 97W, số vòng quay 26 rpm.

### 3.2. Tính bền một số tiết chính của cơ cấu leo cầu thang

Bằng việc phân tích lực tác dụng cũng như các vị trí đặt lực lên, với vật liệu xác định và sử dụng analysis trong Inventor ta kiểm nghiệm bền một số tiết chính của cơ cấu leo cầu thang.

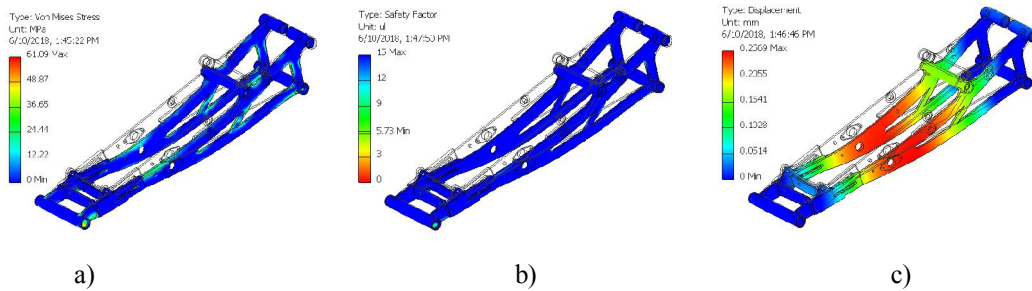
#### 3.2.1. Khung chịu lực chính của cơ cấu leo cầu thang

Khung có nhiệm vụ nâng đỡ trọng lượng của xe và người sử dụng khi leo cầu thang. Khi làm việc khung chịu lực tác dụng thay đổi nên khi tính ta tính khi lực tác dụng lên khung là lớn nhất. Khung chỉ nâng đỡ nên chỉ chịu ứng suất uốn và ứng suất nén. Tính lực tác dụng tại thời điểm lực lớn nhất cộng thêm trọng lượng của người sử dụng là 650N (Tổng 2650N), hình 10.



Hình 10. Chọn mặt cố định và đặt lực lên khung chính

Bằng phương pháp sử dụng mô hình mô phỏng stress analysis trong Inventor cho kết quả như hình 11.



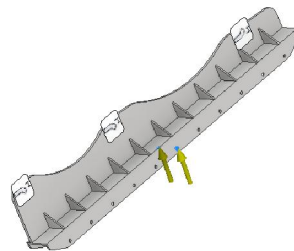
**Hình 11.** Kết quả tính bền khung chịu lực chính  
 a) Ứng suất trên khung    b) Độ an toàn của khung    c) Chuyển vị của khung

Như trong hình khi chịu tác dụng bởi tổng các trọng lượng khung có nguy cơ võng xuống những vẫn trong vùng có ứng suất cho phép.

Kết luận: điểm chịu ứng suất lớn nhất có  $\delta = 61,09 \text{ MPa} < \delta_B$  cho phép

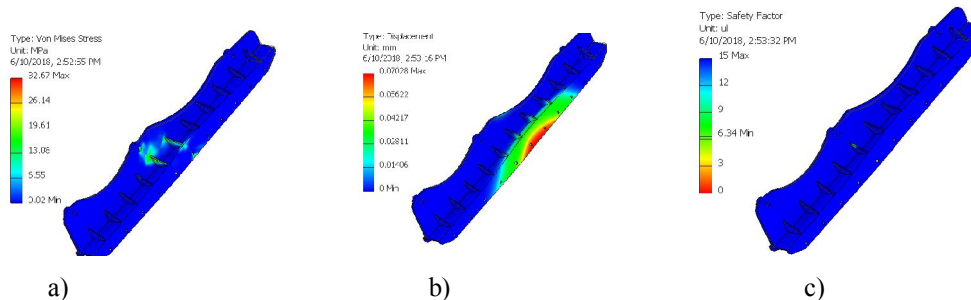
### 3.2.2. Khung phụ

Khung phụ làm nhiệm vụ nâng đỡ xe khi xe leo cầu thang tránh tình trạng kẹt giữa xe, thậm chí đứt dây đai khi quá tải. Khung chịu ứng suất nén và ứng suất uốn do lực từ mặt phẳng nghiêng qua các góc của những bậc cầu thang tác dụng, trong khi khung chính chịu lực do trọng lực người và xe tác dụng. Chọn vật liệu là khung là thép C45, thời điểm tính khi khung chạm 1 bậc của cầu thang, mặt cố định và mặt chịu lực như hình 12.



**Hình 12.** Chọn mặt cố định và đặt lực lên khung phụ

Kết quả mô phỏng stress analysis trong Inventor như hình 13.

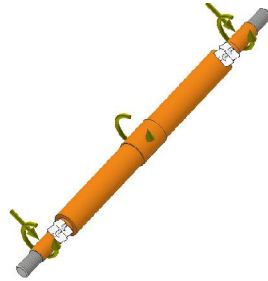


**Hình 13.** Kết quả tính bền khung chịu lực chính  
 a) Ứng suất trên khung    b) Độ an toàn của khung    c) Chuyển vị của khung

Điểm chịu ứng suất lớn nhất trên khung là  $\delta = 32,67 \text{ MPa} < \delta_B$  cho phép

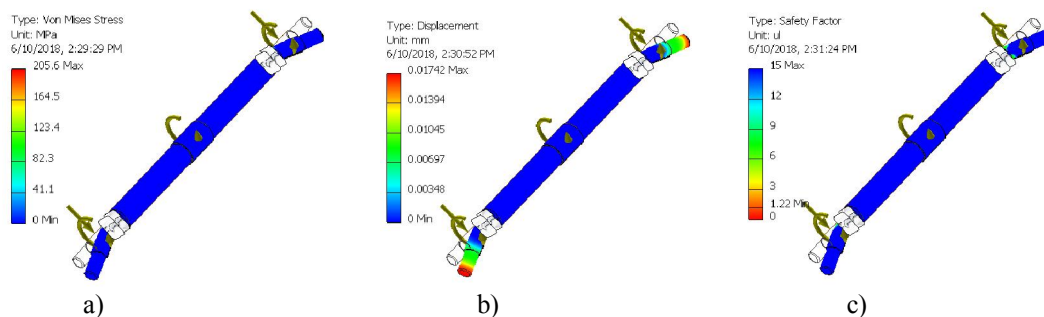
### 3.2.3. Trục chính

Trục chính truyền mômen xoắn từ hộp giảm tốc của cơ cấu leo cầu thang tới các bánh đai (buly) và chịu trọng lượng của người và xe khi hoạt động leo cầu thang (đã xác định là 2000N). Như vậy trục chịu cả mô men xoắn và mô men uốn. Vật liệu chọn là thép CT45, tôi - ram đảm bảo cứng bề mặt và độ dẻo dai của phần thân, đường kính trong ổ bi 15mm, hình 14.



**Hình 14.** Chọn mặt cố định và đặt lực lên trục

Bảng phương pháp sử dụng mô hình mô phỏng stress analysis trong Inventor cho kết quả như hình 15.



**Hình 15.** Kết quả tính bền trục chính

a) Ứng suất trên trục    b) Chuyển vị của trục    c) Độ an toàn của trục

Khi có lực tác dụng, thanh sau chỉ võng xuống nhưng vẫn thuộc giới hạn cho phép. Vào những chỗ võng xuống hay nguy hiểm ta lắp thêm bạc lót khi gắn vào khung xe.

Kết luận: điểm chịu ứng suất lớn nhất có  $\delta = 608.4 \text{ MPa} < \delta_B$  cho phép

### 3.2.4. Trục phụ

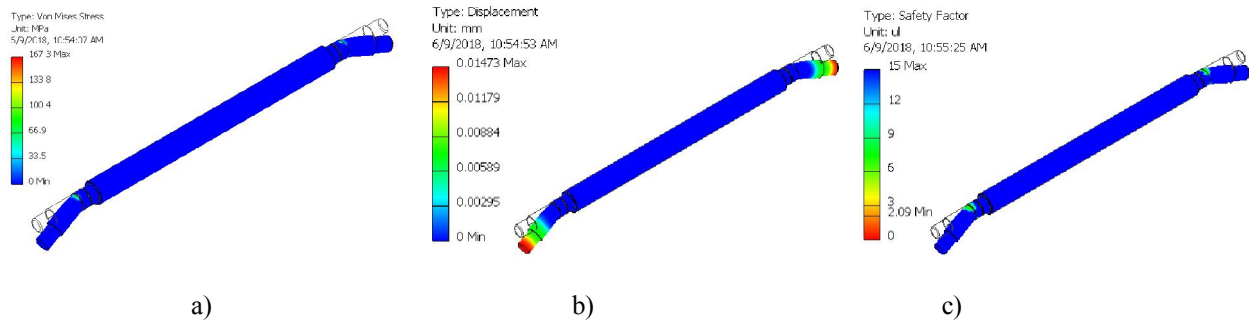
Hai trục phụ có cùng kích thước, vật liệu (Thép CT45), đường kính trong ổ bi là 15mm. Để tính toán, chọn trục trục trước (vùng chịu lực tập trung lớn hơn), thời điểm tính khi xe lên cầu thang ứng với trọng lực xe là lớn nhất (2000N), hình 16.



**Hình 16.** Chọn mặt cố định và đặt lực lên trục



Kết quả mô phỏng stress analysis trong Inventor như hình 17.



**Hình 17.** Kết quả tính bền trục phụ

a) Ứng suất trên trục    b) Chuyển vị của trục    c) Độ an toàn của trục

Kết luận: Điểm chịu ứng suất lớn nhất có  $\delta = 167.3 \text{ MPa} < \delta_B$  cho phép. Kết quả cho thấy trục phụ với lực tác dụng là 2000N nhưng vẫn làm việc với độ an toàn cao.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày việc nghiên cứu thiết kế cơ cấu leo cầu thang của xe lăn điện. Kết quả thiết kế đã dựng được mô hình 3D của cơ cấu leo cầu thang cũng như của của xe lăn điện, đã mô phỏng hoạt động của xe trên các địa hình khác nhau, đặc biệt là trường hợp xe leo cầu thang. Bài báo cũng trình bày kết quả phân tích động học và động lực học của cơ cấu leo cầu thang xe lăn điện bằng phần mềm Inventor. Kết quả nghiên cứu giúp cho việc phát triển, cải tiến thiết kế chế tạo xe điện leo cầu thang.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long, Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội trong quá trình nghiên cứu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển; *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí tập 1, 2*; NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội 2009.
- [2]. Nguyễn Trọng Hiệp, Nguyễn Văn Lắm; *Thiết kế chi tiết máy*; NXB Giáo dục Việt Nam, Hà Nội 1999.
- [3]. Lê Hồng Kỳ, *Nghiên cứu thiết kế chế tạo xe lăn điện leo cầu thang*; Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Hà Nội, Số 3, 2017.
- [4]. Lê Hồng Kỳ, *Khảo sát động học, động lực học xe lăn điện leo cầu thang*; Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Hà Nội, Số 3, 2017.
- [5]. <https://www.autodesk.com/products/inventor>, 2018.
- [6]. <http://edu.levitas.net/Tutorials/Matlab>, 2018.