

ỨNG DỤNG CƠ CẤU BA BÁNH QUAY TRONG THIẾT KẾ XE KÉO LEO CẦU THANG PHỤC VỤ DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

APPLICATION OF TRI-WHEEL ROTATING MECHANISM IN THE DESIGN OF
STAIR-CLIMBING HAND CART FOR DOMESTIC AND INDUSTRIAL USE

Triệu Quý Huy

Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Email: tqhuy@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày quá trình thiết kế và chế tạo bộ chuyển động sử dụng cơ cấu ba bánh quay cho xe kéo hàng có khả năng leo cầu thang, phù hợp với điều kiện sử dụng tại hộ gia đình, cửa hàng, và công trường dân dụng. Kết cấu được tính toán tối ưu nhằm đảm bảo tải trọng lên đến 66 kg, leo được bậc cầu thang cao 200 mm với góc nghiêng 30°, lực đẩy cần thiết được giảm thiểu đáng kể nhờ thiết kế bộ càng quay đều. Kết quả thử nghiệm thực tế cho thấy thiết bị hoạt động ổn định, linh hoạt trên nhiều loại địa hình, đặc biệt là các cầu thang bộ không có thang máy. Thiết kế có khả năng ứng dụng rộng rãi trong môi trường đô thị và sản xuất nhỏ.

Từ khóa: Cơ cấu ba bánh quay; Xe leo cầu thang; Mô-men xoắn; Xe kéo hàng; Truyền động thụ động.

ABSTRACT

This paper presents the design and fabrication process of a drive system employing a tri-wheel rotating mechanism for a stair-climbing hand cart, suitable for use in households, retail stores, and construction sites. The structure is optimally calculated to support a payload of up to 66 kg and ascend stair steps with a height of 200 mm at an incline angle of 30°. The required pushing force is significantly reduced thanks to the uniformly rotating tri-wheel assembly. Experimental results indicate that the device operates stably and flexibly across various terrains, particularly stairways without elevators. The design demonstrates strong potential for widespread application in urban environments and small-scale manufacturing.

Keywords: Tri-wheel mechanism; Stair-climbing cart; Torque; Hand cart; Passive transmission.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong điều kiện đô thị hiện nay, nhu cầu vận chuyển hàng hóa qua các bậc thang ở hộ gia đình, văn phòng, công trường nhỏ ngày càng phổ biến. Tuy nhiên, các loại xe kéo truyền thống gần như không thể di chuyển trên cầu thang hoặc gặp khó khăn do mất cân bằng, tổn sức người và dễ gây nguy hiểm.

Trước thực trạng đó, nhóm nghiên cứu đề xuất giải pháp thiết kế bộ chuyển động ba bánh quay chủ động, không sử dụng động cơ, có khả năng vượt địa hình bậc thang hiệu quả. Đây là hướng tiếp cận đơn giản, chi phí thấp, dễ sản xuất và bảo trì – đặc biệt phù hợp với điều kiện sản xuất trong nước.

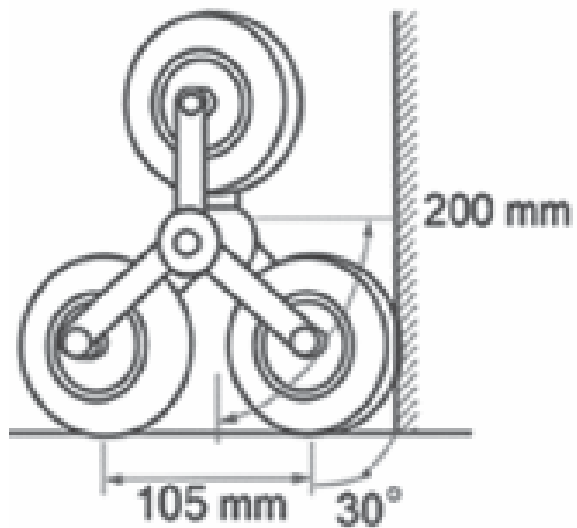
2. THIẾT KẾ CƠ CẤU CHUYỂN ĐỘNG BA BÁNH QUAY

Cấu trúc chính của hệ thống gồm, [1]:

- Bộ cang quay lắp ba bánh đều nhau trên chu vi;
- Cang được cố định vào trục quay tại tâm, có thể xoay khi bánh chạm bậc;
- Khung xe dạng chữ U hoặc H chế tạo bằng thép CT3;
- Trục chính gắn vòng bi 6904 để giảm ma sát;
- Bánh xe cao su đường kính 155 mm, độ bám cao.

Bảng 1. Thông số thiết kế tiêu chuẩn, [3]

Thông số	Giá trị
Tải trọng tối đa	66 kg
Chiều cao bậc thang	200 mm
Góc cầu thang trung bình	30°
Đường kính bánh	155 mm
Bán kính quay bộ cang (R)	105 mm
Vật liệu khung	Thép CT3
Hệ số ma sát trung bình (μ)	0,6



Hình 1. Mô tả bánh xe và bậc thang

3. TÍNH TOÁN MÔ-MEN XOẮN VÀ LỰC TÁC ĐỘNG

- Trọng lượng tổng, [4]:

$$F_g = m \cdot g = 66 \cdot 9.81 = 647.46 \text{ N} \quad (1)$$

- Phân tích lực theo cầu thang, [2]:



+ Lực song song mặt phẳng gây trượt xuống bậc thang $F_{\parallel}$:

$$F_{\parallel} = F_g \cdot \sin(30^\circ) = 323.73 \text{ N} \quad (2)$$

+ Lực vuông góc mặt phẳng áp vào mặt bậc cầu thang $F_{\perp}$:

$$F_{\perp} = F_g \cdot \cos(30^\circ) = 560.72 \text{ N} \quad (3)$$

- Lực ma sát:

$$F_{ms} = \mu \cdot F_{\perp} = 336.43 \text{ N} \quad (4)$$

- Mô-men cần thiết để quay bộ cang:

$$T = F_g \cdot R = 647.46 \cdot 0.105 = 68 \text{ Nm} \quad (5)$$

- Tốc độ quay của bánh xe (với vận tốc 0.5 m/s):

$$N = \frac{60 \cdot v}{2\pi r} = \frac{60 \cdot 0.5}{2\pi \cdot 0.0775} \approx 62 \text{ (vòng/phút)} \quad (6)$$

4. QUY TRÌNH CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM THỰC TẾ

- Vật liệu: Thép CT3 dùng làm khung và trục; bánh xe bằng cao su kết hợp nhựa cứng; vòng bi 6904 để giảm ma sát khi quay, [5].

- Gia công: Cắt plasma CNC, hàn hồ quang, tiện trục, ép ổ bi.

Thử nghiệm: Xe kéo tải 50 kg leo qua 10 bậc thang liên tiếp cao 20 cm/bậc. Ghi nhận lực đẩy tay trung bình < 120 N.



Hình 2. Ảnh thử nghiệm sau khi chế tạo

Kết quả thực tế cho thấy xe hoạt động ổn định, ba bánh quay mượt, không bị kẹt hay trượt. Người sử dụng không cần dùng quá nhiều sức, phù hợp với người lớn tuổi hoặc phụ nữ.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một cách hệ thống quá trình thiết kế, tính toán và thử nghiệm thực tế bộ cơ cấu ba bánh quay ứng dụng cho xe kéo hàng có khả năng leo cầu thang, phù hợp với điều kiện sử dụng tại hộ gia đình, văn phòng, và công trường dân dụng. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng:

- Cơ cấu ba bánh quay bố trí đối xứng quanh cang quay không những đảm bảo chuyển động tuần hoàn mà còn giúp phân phối đều lực tác động, qua đó giảm tải lực đẩy cần thiết và tăng độ ổn định khi leo cầu thang.

- Các thông số thiết kế được tính toán tối ưu dựa trên phân tích lực ma sát, mô-men xoắn, độ nghiêng cầu thang và tải trọng thực tế. Kết quả tính toán mô-men xoắn lý thuyết và

thực nghiệm cho thấy sai lệch nhỏ, khẳng định độ tin cậy của mô hình.

- Các chi tiết lắp ghép được chế tạo đảm bảo độ chính xác, độ bền và dễ dàng sản xuất hàng loạt trong thực tiễn công nghiệp.

- Thử nghiệm thực tế với tải trọng 50 kg cho thấy thiết bị hoạt động ổn định, không bị kẹt bánh hoặc trượt bánh, lực đẩy trung bình < 120 N phù hợp với sức của người dùng phổ thông như người lớn tuổi hoặc phụ nữ.

Từ các kết quả nêu trên, có thể khẳng định rằng thiết kế sử dụng cơ cấu ba bánh quay không chỉ mang lại hiệu quả về mặt cơ học mà còn có tính khả thi cao trong ứng dụng thực tiễn nhờ chi phí thấp; Dễ chế tạo, dễ vận hành, dễ bảo trì, phù hợp với điều kiện sản xuất trong nước; Tính ứng dụng cao, có thể triển khai rộng rãi trong môi trường đô thị, khu dân cư, công trường, đặc biệt là những nơi không có thang máy. ❖

Ngày nhận bài: **24/3/2025**

Ngày phản biện: **14/4/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Hữu Phúc, “*Thiết kế và chế tạo xe leo cầu thang*”. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, 2021.
- [2]. Trần Đức Thịnh, “*Phân tích động học xe ba bánh leo bậc*”. Cơ khí & Tự động hóa, 2022.
- [3]. Wang, L., & Zhou, Y. (2018), “*Design of a Modular Stair-Climbing Mechanism*”. Procedia CIRP, 70, 269-273.
- [4]. Nguyen, V. H., & Tran, T. M. (2020), “*Load and torque analysis of passive climbing carts*”. Journal of Mechanical Engineering Research, 62(4), 112-119.
- [5]. ISO 2631-1: Mechanical Vibration and Shock – Evaluation of human exposure.