



XÁC ĐỊNH LỰC TÁC ĐỘNG LÊN XI LANH THỦY LỰC CHÍNH TRONG QUÁ TRÌNH NÂNG CHUYỂN THÙNG HÀNG

Nguyễn Phúc Định^{1*}, Trần Quang Hùng², Lê Hồng Quân³

Tóm tắt: Xe vận tải có khả năng tự nâng chuyển thùng hàng lên xuống sàn xe được sử dụng khá phổ biến ở nước ta hiện nay. Yêu cầu đặt ra đối với loại xe này là kết cấu cơ cấu nâng gọn nhẹ, quỹ đạo chuyển động của thùng hàng hợp lý và chi phí năng lượng nâng chuyển nhỏ nhất. Bài báo trình bày mô hình động học, sơ đồ tổ hợp lực tác dụng lên hệ xe - thùng - đất, lực tác dụng lên xi lanh thủy lực chính trong quá trình nâng chuyển thùng hàng. Tính toán lực tác dụng lên xi lanh chính trong quá trình nâng thùng hàng.

Từ khóa: Xe cẩu chuyên dụng; nâng chuyển; động học; xi lanh thủy lực.

Determine the force acting on the main hydraulic cylinder during the lifting of the container

Abstract: The truck is capable of lifting and moving cargo containers up and down the floor of a used car is quite popular in our country today. The requirements for this type of vehicle are the lightweight lifting structure, the trajectory of the box and the least energy cost. This article presents kinetic model, combinational force diagram on vehicle - tank - soil, the force acting on the main hydraulic cylinder during the crate lift. Calculate the force applied to the main cylinder during the lift.

Keywords: Force; hydraulic; cylinder; kinetic model.

Nhận ngày 10/5/2017, sửa xong 6/6/2017, chấp nhận đăng 23/6/2017
Received: May 10, 2017; revised: June 6, 2017; accepted: June 23, 2017



1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển của ngành chế tạo máy nâng vận chuyển thì ngày càng có nhiều thiết bị và xe chuyên dụng được đưa vào thực tế nhằm đáp ứng nhu cầu nâng vận chuyển. Nhu cầu vận chuyển để tập kết hàng hóa, tập kết sản phẩm nông - lâm nghiệp, thu gom chất thải và vận chuyển cứu kéo phương tiện cơ giới ngày càng nhiều. Xe cẩu chuyên dụng tự nâng chuyển thùng hàng lên xuống sàn xe (hook lift) thuộc dòng xe chuyên dụng có nhiều ưu điểm trong vận hành sử dụng, mang lại hiệu quả cao và ngày càng được sử dụng phổ biến ở trong và ngoài nước, đặc biệt là các nước châu Âu và Bắc Mỹ [1]. Vấn đề đặt ra ở đây là nâng hạ hàng dạng thùng lên xuống sàn xe với mục tiêu: Năng lượng nâng chuyển nhỏ nhất, an toàn khi nâng chuyển và thời gian là nhỏ nhất. Để đáp ứng yêu cầu đó cần phải có kết cấu hợp lý, quỹ đạo chuyển động hợp lý, quy luật thay đổi lực trong xi lanh chính hợp lý. Chính vì vậy đi sâu vào tìm hiểu về lực tác dụng trong xi lanh chính góp phần quan trọng trong nghiên cứu về xe cẩu chuyên dụng tự nâng chuyển thùng hàng (Hình 1).



Hình 1. Xe cẩu chuyên dụng tự nâng chuyển thùng hàng



2. Xác định lực tác dụng trong xi lanh chính trong quá trình nâng thùng

2.1 Xác định lực trong xi lanh giai đoạn bắt đầu nâng thùng hàng đến khi chạm vào sát-xi xe tải (giai đoạn 1)

Điều kiện làm việc của giai đoạn này được thể hiện trên Hình 2. Trong giai đoạn này được tính từ lúc móc cẩu trên xe được móc vào thùng và thực hiện quá trình nâng thùng hàng cho đến khi thùng hàng chạm

¹ThS, Học viện Kỹ thuật quân sự.

²PGS.TS, Học viện Kỹ thuật quân sự.

³PGS.TS, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

*Tác giả chính. E-mail: nguyennphucdinh31@gmail.com.

vào sát-xi xe cơ sở. Tại thời điểm này, tay cần hợp với phương ngang một góc nâng α . Chọn hệ trục tọa độ với phương song song mặt đất là trục Ox , phương vuông góc mặt đất là trục Oy , gốc tọa độ tại điểm Q . Coi thùng hàng là khối hộp tiêu chuẩn chịu tác dụng trọng lực G tại trọng tâm O .

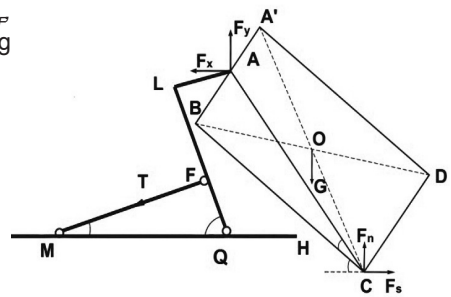
Tọa độ các điểm được biểu diễn như sau:

$$\begin{cases} x_Q = 0 \\ y_Q = 0 \\ x_M = x_Q + MQ \\ y_M = 0 \\ x_H = x_Q + HQ \\ y_H = 0 \\ x_F = x_Q + FQ \cos \alpha \\ y_F = y_Q + FQ \sin \alpha \end{cases} \begin{cases} x_A = QL \cos \alpha + LA \cos(90 - \alpha) \\ y_A = QL \sin \alpha + LA \sin(90 - \alpha) \\ x_C = x_A + AC \cos(\gamma_1 + \gamma_2) \\ y_C = y_A - AC \sin(\gamma_1 + \gamma_2) \\ x_O = (x_A + AA' \sin \gamma_2 + x_C) / 2 \\ y_O = (y_A + AA' \cos \gamma_2 + y_C) / 2 \end{cases} \quad \gamma_1 + \gamma_2 = \arcsin \frac{(y_A - y_C)}{AC} \quad (1)$$

trong đó: (x_A, y_A) , (x_C, y_C) , (x_O, y_O) , (x_Q, y_Q) , (x_M, y_M) , (x_H, y_H) và (x_F, y_F) lần lượt là tọa độ các điểm A , C , O , Q , M , H và F ; α là góc nâng thùng hàng tạo bởi tay cần và phương ngang $\alpha = (0^\circ - 138^\circ)$.

Phân tích lực trong giai đoạn thứ nhất ta được:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum M_C = 0 \\ F_s = \mu_1 F_n \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_x = F_s \\ F_y = G - F_n \\ F_x(y_A - y_C) + F_y(x_A - x_C) = G(x_O - x_C) \\ F_s = \mu_1 F_n \end{cases} \quad \begin{matrix} (2) \\ (3) \\ (4) \\ (5) \end{matrix}$$



Hình 2. Sơ đồ lực tác dụng trong giai đoạn thứ nhất

trong đó: μ_1 là hệ số ma sát giữa mặt đất và thùng hàng.

Thay (2) (3) (5) vào (4) ta được:

$$\Rightarrow F_n = \frac{G(x_O - x_A)}{\mu_1(y_A - y_C) - (x_A - x_C)} \quad (6)$$

Mặt khác ta có mô men tại $Q = 0$

$$F_x(y_A - y_Q) + F_y(x_A - x_Q) = T \cos \beta (y_F - y_Q) + T \sin \beta (x_F - x_Q) \quad (7)$$

$\beta = \arcsin \left(\frac{y_F - y_M}{x_F - x_M} \right)$ là góc tạo bởi xi lanh chính và phương ngang khung xe.

Ta có lực trong xi lanh chính trong quá trình bắt đầu nâng thùng hàng được tính theo công thức:

$$\Rightarrow T = \frac{\mu_1 F_n (y_A - y_Q) + (G - F_n)(x_A - x_Q)}{\cos \beta (y_F - y_Q) - \sin \beta (x_F - x_Q)} \quad (8)$$

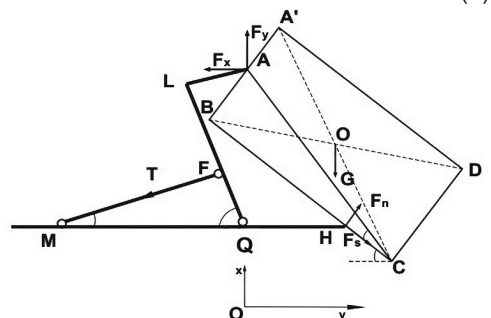
Từ (1) và (8) ta có biểu thức xác định lực nâng xi lanh chính giai đoạn 1:

$$T = \frac{\mu_1 F_n (QL \sin \alpha + LA \sin(90 - \alpha)) + (G - F_n)(QL \cos \alpha + LA \cos(90 - \alpha))}{FQ \cos \beta \sin \alpha - FQ \sin \beta \cos \alpha} \quad (9)$$

2.2 Xác định lực trong xi lanh quá trình nâng thùng hàng bắt đầu từ lúc thùng tách khỏi mặt đất đến lúc thùng nằm ngang trên sàn xe (giai đoạn 2)

Điều kiện làm việc trong giai đoạn thứ hai thể hiện như Hình 3. Giai đoạn thứ hai tính từ lúc thùng hàng chạm vào sát-xi xe cơ sở đến khi thùng hàng nằm ngang hoàn toàn theo phương ngang trên sàn xe.

Phân tích lực trong giai đoạn thứ hai ta được:



Hình 3. Sơ đồ lực tác dụng trong giai đoạn thứ hai

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum M_H = 0 \\ F_s = \mu_2 F_n \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_x = F_n \sin \gamma_2 + F_s \cos \gamma_2 \\ F_y = G + F_s \sin \gamma_2 - F_n \cos \gamma_2 \\ F_x(y_A - y_H) + F_y(x_A - x_H) = G(x_O - x_H) \\ F_s = \mu_2 F_n \end{cases} \quad \begin{matrix} (10) \\ (11) \\ (12) \\ (13) \end{matrix}$$

μ_2 là hệ số ma sát giữa sát-xi xe tải và thùng hàng.

$$\text{Từ (10) (11) (13) ta có: } \Rightarrow \begin{cases} F_x = F_n (\sin \gamma_2 + \mu_2 \cos \gamma_2) \\ F_y = G + \mu_2 F_n \sin \gamma_2 - F_n \cos \gamma_2 \end{cases} \quad (14)$$

Thay (14) vào (12) được phản lực từ sát-xi tác dụng lên thùng hàng:

$$\Rightarrow F_n = \frac{G(x_O - x_A)}{(y_A - y_H)(\sin \gamma_2 + \mu_2 \cos \gamma_2) + (x_A - x_H)(\mu_2 \sin \gamma_2 - \cos \gamma_2)} \quad (15)$$

$$\text{Ở đây: } \gamma_2 = \arcsin \frac{(y_A - y_C)}{AC} - \gamma_1 = \arcsin \frac{(y_A - y_C)}{AC} - \arcsin \frac{AB}{AC}$$

Mặt khác ta có mô men tại G=0

$$F_x(y_A - y_Q) + F_y(x_A - x_Q) = T \cos \beta (y_F - y_Q) + T \sin \beta (x_F - x_Q) \quad (16)$$

Ta có lực trong xi lanh chính trong quá trình bắt đầu nâng thùng hàng được tính theo công thức:

$$T = \frac{F_n (\sin \gamma_2 + \mu_2 \cos \gamma_2)(y_A - y_Q) + (G + \mu_2 F_n \sin \gamma_2 - F_n \cos \gamma_2)(x_A - x_Q)}{\cos \beta (y_F - y_Q) - \sin \beta (x_F - x_Q)} \quad (17)$$

Từ (1) và (17) ta có biểu thức xác định lực nâng xi lanh chính theo góc nâng α :

$$T = \frac{F_n (\sin \gamma_2 + \mu_2 \cos \gamma_2) [QL \sin \alpha + LA \sin (90 - \alpha)] + (G + \mu_2 F_n \sin \gamma_2 - F_n \cos \gamma_2) [QL \cos \alpha + LA \cos (90 - \alpha)]}{FQ \cos \beta \sin \alpha - FQ \sin \beta \cos \alpha} \quad (18)$$

$$\beta = \arctan \left(\frac{FQ \sin \alpha}{FQ \cos \alpha - MQ} \right); \gamma_2 = \arcsin \frac{(y_A - y_C)}{AC} - \arcsin \frac{AB}{AC}$$



3. Khảo sát ảnh hưởng của góc nâng lên lực tác dụng xi lanh chính trong quá trình nâng thùng

Trong bài báo tác giả sử dụng bộ thông số trên xe chuyên dụng tự nâng chuyển thùng hàng lên xuống sàn xe nhãn hiệu HINO FM8JNSA (Bảng 1).

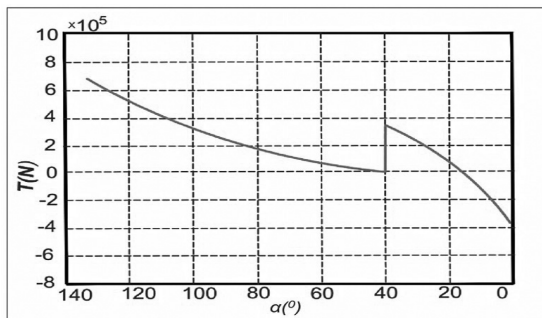
Kết quả khảo sát cho ta đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa lực tác dụng vào xi lanh chính (T) và góc nâng (α). Góc nâng cần có thể xoay từ 0° đến 138° (Hình 4).

Tại thời điểm móc cầu được móc vào thùng hàng thì lực nâng của xylanh chính là lớn nhất $T = 6,89 \times 10^5$ (N). Sau đó lực nâng xi lanh chính giảm dần, thùng hàng được kéo dần về phía khung sát-xi xe cơ sở. Cho đến khi góc nâng tạo bởi tay cần và phương ngang $\alpha^0 = 40^\circ$ là thời điểm tọa độ trọng tâm thùng hàng vượt qua điểm tì (H) theo Hình 3.

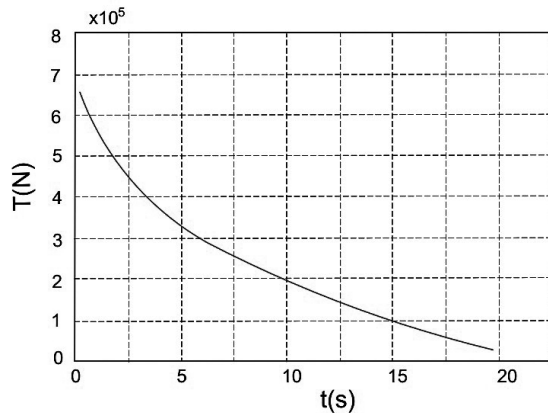
Tại thời điểm này lực nâng trong xylanh chính thay đổi đột ngột từ $T = 0$ (N) đến $T = 3,98 \times 10^5$ (N). Người điều khiển phải đạp chân ga mạnh để có thể đưa thùng rời khỏi mặt đất và bắt đầu di chuyển trên khung xe. Khi đó lực nâng xylanh chính giảm dần cho đến khi dưới tác dụng trọng lượng thùng hàng, các van được mở ra và dầu được hồi về nên lực nâng xylanh chính lúc này đến giá trị $-3,8 \times 10^5$ (N) thùng hàng nằm hoàn toàn theo phương ngang trên xe cơ sở ($\alpha_0 = 0^\circ$).

Bảng 1. Các thông số khảo sát

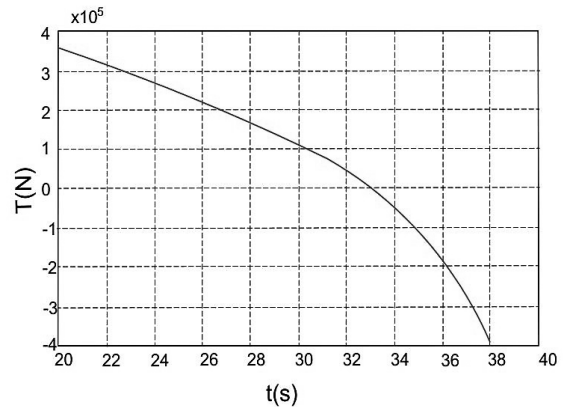
Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
GL	2560(mm)	AC	4160(mm)
LA	1570(mm)	FG	1340(mm)
μ_1	0.20	MG	2430(mm)
μ_2	0.15	α	0-138°
β	50°	G	125000×9.8(N)
AB	1470(mm)	g	9.8(m/s ²)



Hình 4. Quan hệ giữa góc nâng và lực trong xi lanh chính



Hình 5. Quan hệ giữa lực nâng xi lanh chính và thời gian giai đoạn thứ nhất.



Hình 6. Quan hệ giữa lực nâng xi lanh chính và thời gian giai đoạn thứ hai

Hình 5 là đồ thị biểu diễn mối quan hệ lực nâng xi lanh chính và thời gian. Tại thời điểm $t = 0(s)$ lúc bắt đầu giai đoạn thứ nhất lực nâng xi lanh chính là lớn nhất $T = 6,89 \times 10^5 (N)$. Sau đó lực nâng xi lanh chính giảm dần cho đến khi thùng hàng chạm vào sát-xi xe cơ sở tại $t = 20 (s)$ thì lực nâng xi lanh chính thay đổi đột ngột bắt đầu giai đoạn thứ hai. Mối quan hệ giữa lực nâng xi lanh chính và thời gian trong giai đoạn thứ hai được thể hiện trên Hình 6.



4. Kết luận

Trên cơ sở mô hình động học của quá trình nâng thùng hàng lên sàn xe. Đã xây dựng được công thức xác định lực tác dụng lên xi lanh chính trong quá trình nâng thùng hàng lên xe.

Kết quả khảo sát cho thấy lực tác dụng trong xi lanh thay đổi về tốc độ theo thời gian và góc nâng, về giá trị và hướng trong quá trình nâng thùng hàng lên sàn xe (thể hiện cụ thể trên Hình 4,5,6), điều này làm cơ sở cho việc thiết kế điều khiển tốc độ xi lanh.

Tài liệu tham khảo

1. Dmitrenko A. (2002), "Methods of statistical modeling of transport processes Development of technical equipment", *Proceedings of VNIPTIMESH*, Zernograd.
2. Golovanov O.V., Duvanov S.G., Smirnov V. (1978), *Modeling of complex systems on a third-generation computer*, M, Energia.
3. Wang X., Huang Z., Wang H. (2003), "Research on characteristics of rotating hooklift", *Machine Design and Research*, 19(5):80-83.
4. Wang X., Huang Z., Wang H. (2003), "Optimization design on rotating hooklift", *Journal of Tongji University*, 31(9):1077-1081.