



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Dynamic of the lifting and lowering mechanism of a tank truck

Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.3.39-47>

*Corresponding author:

Email address:

trambv@utt.edu.vn

Received: 30/05/2024

Revised: 04/08/2024

Accepted: 07/08/2024

Nguyen Van Thong¹, Bui Van Tram^{1,*}, Le Quynh Mai¹, Phan Thanh Cau²

¹ University of Transport Technology, Hanoi, Vietnam

² The Military Engineering College, Thu Dau Mot, Binh Duong, Vietnam

Abstract: Dump trucks are heavy-duty trucks that are widely used in collecting trash for transportation and processing. Because trucks lift large volumes and the load impacting the lifting system is large, it is necessary to study and analyze the dynamics of the lifting and lowering system. This article presents the model building and analysis of the lifting and lowering mechanism of the tank truck. The construction of the dynamic model of the lifting and lowering part of a tank truck is built from detailed assemblies to the model of the lifting part. The process of simulating the power of the lifting and lowering mechanism of a separate tank truck is to survey the actual working status of the lifting mechanism, helping to use and operate the vehicle effectively.

Keywords: Loose tank trucks; Hooklift Vehicle; Garbage trucks with separate containers; dynamics of lifting structure; hydraulic lifting.

Nghiên cứu động lực học bộ công tác nâng hạ thùng của xe tải thùng rời

Thông tin bài viết

Dạng bài viết:

Bài báo nghiên cứu

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.3.39-47>

***Tác giả liên hệ:**

Địa chỉ Email:

trambv@utt.edu.vn

Ngày nộp bài: 30/05/2024

Ngày nộp bài sửa: 04/08/2024

Ngày chấp nhận: 07/08/2024

Nguyễn Văn Thông¹, Bùi Văn Trâm^{1,*}, Lê Quỳnh Mai¹, Phan Thanh Cầu²

¹ Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam

² Trường Sĩ quan Công binh, Thủ Dầu Một, Bình Dương, Việt Nam

Tóm tắt: Xe tải thùng rời thuộc nhóm xe tải hạng nặng được sử dụng nhiều trong việc thu gom rác và vận chuyển đến nơi xử lý. Trong quá trình làm việc, do tải trọng tác động vào hệ thống nâng hạ lớn nên cần phải nghiên cứu phân tích động lực học (ĐLH) bộ công tác nâng hạ thùng để có phương án hiệu quả trong việc khai thác và sử dụng xe. Bài báo trình bày việc xây dựng mô hình và phân tích ĐLH bộ công tác nâng hạ thùng của xe tải thùng rời. Việc xây dựng mô hình ĐLH của bộ công tác nâng hạ thùng được xây dựng từ các cụm chi tiết đến mô hình của bộ công tác nâng hạ. Quá trình mô phỏng ĐLH của bộ công tác nâng hạ thùng của xe tải thùng rời là khảo sát các trạng thái làm việc thực tế của bộ công tác nâng hạ. Kết quả nghiên cứu là cơ sở đề xuất cho việc thiết kế, chế tạo và sử dụng, khai thác xe được hiệu quả.

Từ khóa: Xe tải thùng rời, Xe Hooklift, Xe chở rác thùng rời, động lực học cơ cấu nâng hạ, nâng hạ thủy lực.

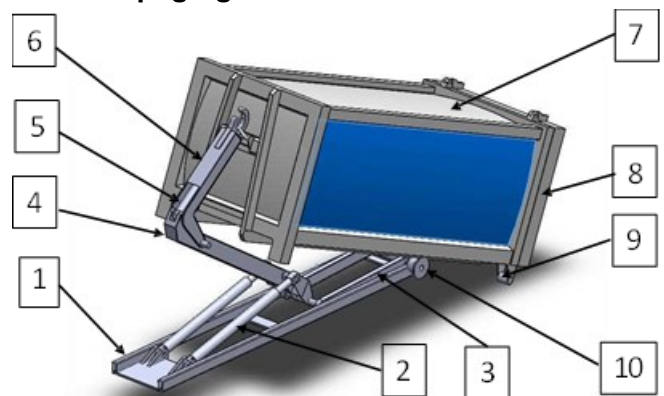
1. Giới thiệu

Xe tải thùng rời là xe vận chuyển được sử dụng nhiều trong việc thu gom rác, là xe có cơ cấu nâng hạ thùng bằng thủy lực với bộ di chuyển bánh lốp, hệ thống lái như các loại xe tải khác [1]. Bài báo khảo sát xe tải thùng rời trên nền khung xe HINO FM8JN7A-Q sử dụng cơ cấu nâng hạ thủy lực UNILIFT A18N, khi nâng hoặc hạ thùng đã được nạp đầy thì xe, bánh xe và bộ công tác nâng hạ phải chịu tải trọng khá lớn [2-7]. Do đó, cần mô phỏng ĐLH của bộ công tác nâng hạ để phân tích đánh giá bộ công tác nâng hạ, đồng thời phục vụ công tác thiết kế để đạt được tính kinh tế và hiệu quả về mặt kỹ thuật trong quá trình vận hành; bên cạnh đó, đưa ra chẩn đoán và bảo dưỡng sửa chữa hệ thống giúp cải thiện khả năng khai thác và sử dụng xe [9-11].

Bài báo áp dụng cách tiếp cận từ các tài liệu để xây dựng mô hình toán học cơ cấu cơ khí và thủy lực bằng môi trường Matlab Simulink nhằm

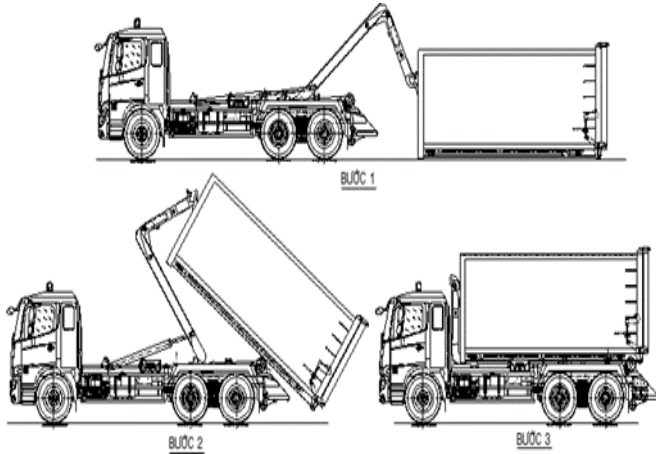
đánh giá đặc tính động học, động lực học và hệ thống thủy lực cơ cấu nâng hạ trên xe, sau đó khảo sát đánh giá mô hình ĐLH với các trạng thái làm việc thực tế [1].

2. Đối tượng nghiên cứu



Hình 1. Cấu tạo bộ công tác nâng hạ thùng rời
1: Khung phụ, 2: xy-lanh nâng, 3: Tay khuỷu, 4: Tay quay, 5: Xy-lanh tay quay, 6: Tay quay, 7: Thùng chứa, 8: Nắp thùng chứa, 9: Bánh xe thùng chứa, 10: Bánh lăn.

Thùng sau khi được nạp đầy rác sẽ được đưa lên xe theo ba bước như Hình 2.



Hình 2. Quy trình nâng hạ thùng hàng rời

Bước 1: Hệ thống nâng thùng được móc vào thùng và thùng trượt trên mặt đất đến khi chạm vào bánh lăn.

Bước 2: Xylanh tiếp tục kéo thùng hàng trượt trên bánh lăn cho đến khi hết hành trình.

Bước 3: Thùng hàng đạt trạng thái ổn định trên phương tiện vận chuyển.

3. Phân tích động lực học cơ cấu nâng hạ

Để thuận tiện cho việc phân tích lực, ta thực hiện việc giả định và đơn giản hoá như sau:

- Do trọng lượng lớn của thùng chứa rác khi nạp đầy, trọng lượng của cơ cấu nâng ít ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Do đó, trọng lượng của từng chi tiết cơ cấu nâng được bỏ qua.

- Tốc độ tải và dỡ thùng chứa rác là chậm, và do đó ảnh hưởng của lực quán tính của thùng chứa rác được bỏ qua.

- Xylanh thủy lực được cho là tạo ra chuyển động đều và tiêu hao năng lượng hệ thống được bỏ qua.

- Các biến dạng của khung, mặt đất và bánh xe được bỏ qua.

3.1. Mô hình động lực học của giai đoạn 1

Trong giai đoạn này, khung lật và khung phụ liên kết với nhau bằng cơ cấu khóa. Cánh tay đòn đã gập một góc ρ^0 và tính so với tay nâng. Xylanh nâng đẩy cánh tay nâng quay quanh điểm D, do đó đẩy thùng rác về phía sau. Tại điểm này, đáy của thùng rác nằm trên ròng rọc dẫn hướng của khung

phụ. Thùng rác trượt về phía sau dọc theo ròng rọc dẫn hướng.

Phương trình cân bằng lực trên thùng chứa rác:

$$\Sigma F_x = -F_x + N_1 \sin(\gamma_2) + \mu_1 N_1 \cos(\gamma_2) \tag{1}$$

$$\Sigma F_y = F_y - G + N_1 \sin(\gamma_2) - \mu_1 N_1 \cos(\gamma_2) \tag{2}$$

$$\Sigma M_C = -F_x(y_M - y_C) + F_y(x_C - x_M) + G(x_O - x_C) \tag{3}$$

Từ phương trình (1) (2) (3) ta có:

$$F_x = N_1(\sin\gamma_2 + \mu_1 \cos\gamma_2) \tag{4}$$

$$F_y = G - N_1(\cos\gamma_2 - \mu_1 \sin\gamma_2) \tag{5}$$

$$N_1 = \frac{G(x_O - x_M)}{(\sin\gamma_2 + \mu_1 \cos\gamma_2)(y_M - y_C) + (\cos\gamma_2 - \mu_1 \sin\gamma_2)(x_C - x_M)} \tag{6}$$

Phương trình cân bằng lực trên cơ cấu nâng:

$$\Sigma F_x = F_x + F_1 = N_1(\sin\gamma_2 + \mu_1 \cos\gamma_2) + F_1 \cos\beta \tag{7}$$

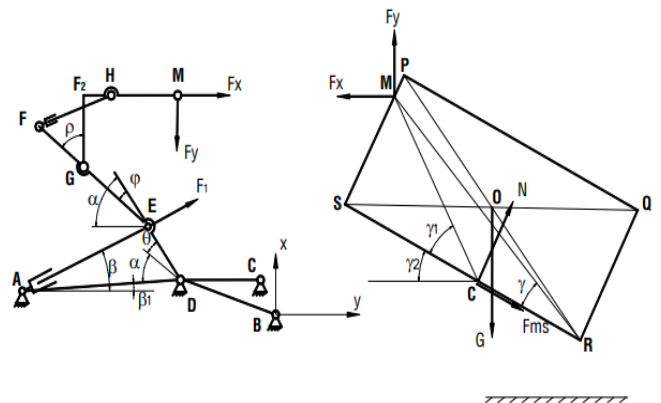
$$\Sigma F_y = F_y + F_1 = G - N_1(\cos\gamma_2 - \mu_1 \sin\gamma_2) + F_1 \sin\beta \tag{8}$$

$$\Sigma M_D = F_x(y_M - y_D) + F_y(x_M - x_D) - F_1(y_E - y_D) \cos\beta + F_1(x_E - x_D) \sin\beta \tag{9}$$

Từ phương trình (7), (8), (9) ta được lực xylanh nâng:

$$F_1 = \frac{\left[\frac{(\sin\gamma_2 + \mu_1 \cos\gamma_2)(y_M - y_D)}{(y_E - y_D) \cos\beta - (x_E - x_D) \sin\beta} \right] + \left[\frac{G}{N_1} + \mu_1 \sin\gamma_2 - \cos\gamma_2 \right] (x_M - x_D)}{(y_E - y_D) \cos\beta - (x_E - x_D) \sin\beta} \tag{10}$$

Trong đó: β là góc giữa xylanh nâng AE và trục X; μ_1 là hệ số ma sát trượt giữa đáy thùng chứa rác và ròng rọc dẫn hướng; G là trọng lượng thùng chứa rác khi nạp đầy.



Hình 3. Mô hình động lực học giai đoạn 1

3.2. Mô hình động lực học giai đoạn 2

Trong giai đoạn 2, đáy thùng chứa rác không tiếp xúc với ròng rọc dẫn hướng, con lăn tại R tiếp

xúc với mặt đất, thùng rác di chuyển về phía sau.

Phương trình cân bằng lực trên thùng chứa rác:

$$\Sigma F_x = F_x + F_{ms} = -F_x + \mu_2 N_2 \tag{11}$$

$$\Sigma F_y = F_y - G + N_2 \tag{12}$$

$$\Sigma M_c = -F_x(y_M - y_R) + F_y(x_R - x_M) - G(x_R - x_R) \tag{13}$$

Từ phương trình cân bằng lực trên thùng ta được:

$$F_x = \mu_2 N_2 \tag{14}$$

$$F_y = N_2 - G \tag{15}$$

$$N_2 = \frac{G(x_O - x_M)}{x_R - x_M + \mu_2 (y_M - y_R)} \tag{16}$$

Phương trình cân bằng lực trên cơ cấu nâng:

$$\Sigma F_x = F_x + F_2 = \mu_2 N_2 + F_2 \cos \beta \tag{17}$$

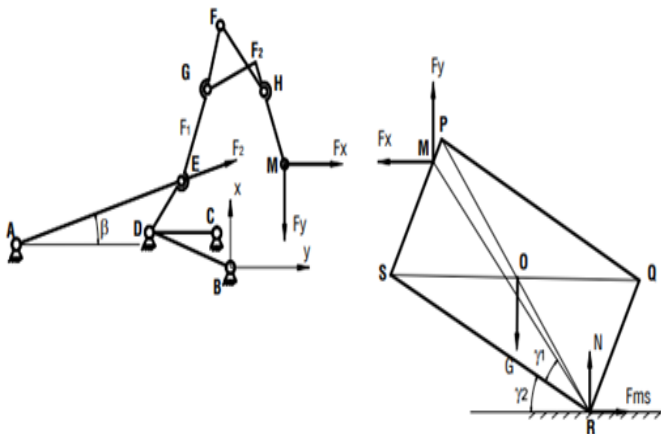
$$\Sigma F_y = F_y + F_2 = N_2 - G + F_2 \sin \beta \tag{18}$$

$$\Sigma M_R = F_x(y_M - y_D) + F_y(x_M - x_D) - F_2(y_E - y_D) \cos \beta + F_2(x_E - x_D) \sin \beta \tag{19}$$

Từ phương trình (17) (18) (19) ta được:

$$F_{12} = \frac{\mu_2 (y_M - y_D) + \left(\frac{G}{N_2} - 1\right) (x_M - x_D)}{(y_E - y_D) \cos \beta - (x_E - x_D) \sin \beta} \tag{20}$$

Trong đó, β là góc giữa xylanh nâng AE và trục X; μ_1 là hệ số ma sát trượt giữa đáy thùng chứa rác và ròng rọc dẫn hướng; G là Trọng lượng thùng chứa rác khi nạp đầy.



Hình 4. Mô hình động lực học giai đoạn 2

3.3. Mô hình động lực học giai đoạn đổ rác

Trong giai đoạn này tay nâng và khung lật liên kết với nhau bằng khóa và xoay quanh điểm B.

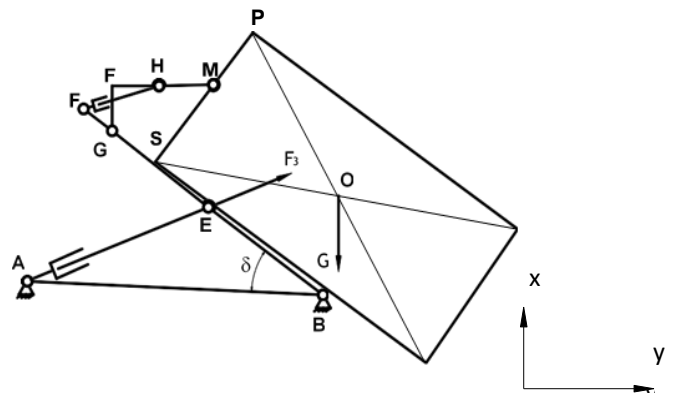
$$\Sigma F_x = F_3 \frac{x_E - x_A}{l_{AE}} \tag{21}$$

$$\Sigma F_y = G + F_3 \frac{y_E - y_A}{l_{AE}} \tag{22}$$

$$\Sigma M_B = G(x_O - x_B) + F_3 \frac{x_E - x_A}{l_{AE}} (y_E - y_B) + F_3 \frac{y_E - y_A}{l_{AE}} (x_B - x_E) \tag{23}$$

Từ phương trình cân bằng (21), (22), (23) ta được:

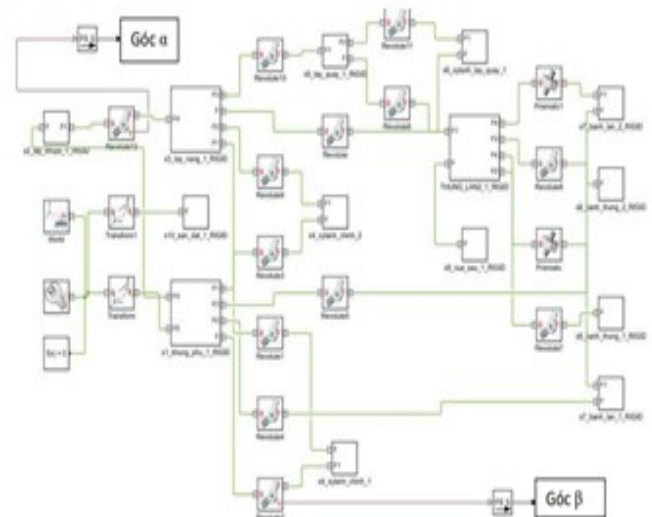
$$F_3 = \frac{G(x_B - x_O) l_{AE}}{(y_E - y_A) x_B + (x_A - x_E) y_B + x_E y_A - x_A y_E} \tag{24}$$



4. Xây dựng mô hình mô phỏng bộ công tác nâng hạ thùng rời

4.1. Xây dựng mô hình mô phỏng

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm mô phỏng Matlab-Simulink và Matlab-Simscape [1]:



Hình 6. Sơ đồ mô phỏng kiểm chứng ĐLH

- Xây dựng mô hình vật lý với Matlab-Simscape, đầu ra của mô hình này nhằm cung cấp những dữ liệu đầu vào cần thiết như khối lượng, trọng tâm, mối liên kết giữa các chi tiết của hệ

thống nâng hạ và mô hình động học của kết cấu.

- Xây dựng mô hình toán học và mô phỏng động lực học bộ công tác nâng hạ thùng của xe tải thùng rời. Đầu ra của mô phỏng này nhằm phân tích ứng xử của áp lực bên trong xylanh, đặc biệt trong quá trình chuyển đổi các trạng thái chuyển động từ lăn không trượt giữa thùng và bánh trượt sang trạng thái chịu hoàn toàn trọng lực khi thùng chuẩn bị tiếp xúc với mặt đường.

4.2. Thông số khảo sát

- Thông số thùng rời [7] (DxRxH): 5940x2480x2300 (mm); Kích thước lọt lòng thùng (DxRxH): 5400/5200x2140x1800(mm); Khối lượng thùng chứa rác rời: 3350 (kg); Cơ cấu nâng hạ UNILIFT A18N [10]: Khối lượng bản thân: 2240 (kg), Khả năng nâng kéo: 18000 (kg), Góc nâng lớn nhất: 48°;

- Thông số hệ thống thủy lực: Bơm pit-tông [8]; Van an toàn đặt: 270 bar; Van phân phối [9]; Xylanh nâng hạ thùng và Xylanh trượt thùng [10]; Van tiết lưu có tiết diện thông qua: $2.85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$; Hệ số giảm chấn xylanh: $3e6 \text{ N/(m/s}^2)$; Áp suất cài đặt van cân bằng: 320 bar.

4.3. Kiểm nghiệm mô hình động lực học

4.3.1. Kết quả thu được qua quá trình mô phỏng

Bảng 1. Khảo sát các giai đoạn đưa thùng lên của phương tiện khi đầy tải

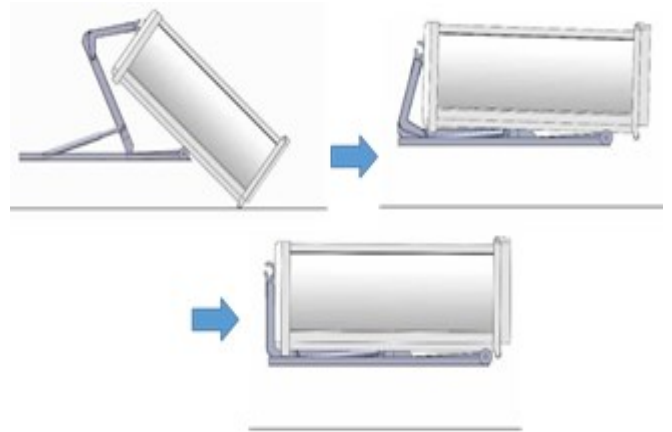
Giai đoạn mô phỏng	Cơ cấu chấp hành	Hành trình (mm)	Thời gian (s)
Giai đoạn 1: Thùng đang chạm đất	Xylanh trượt thùng	0	20
	Xylanh nâng thùng	800	
Giai đoạn 2: Thùng rời khỏi mặt đất	Xylanh trượt thùng	220	20
	Xylanh nâng thùng	660	

- Giai đoạn 1:



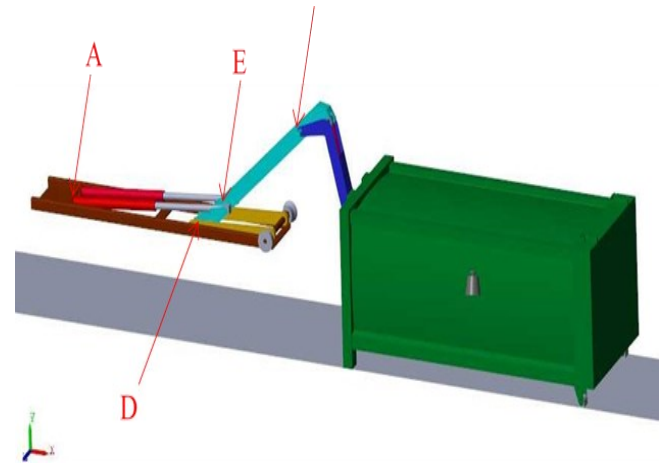
Hình 7. Hành trình nâng thùng có tải giai đoạn 1

- Giai đoạn 2:



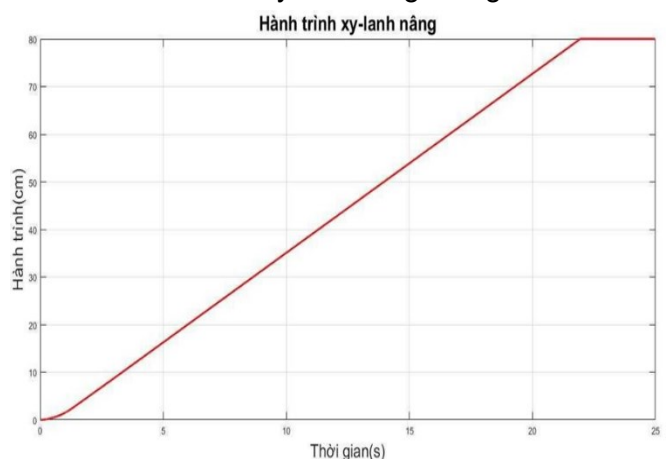
Hình 8. Hành trình nâng thùng có tải giai đoạn 2

4.3.2. Kết quả thu được ở giai đoạn 1 khi nâng thùng đầy tải



Hình 9. Mô hình mô phỏng và vị trí các chốt ở giai đoạn 1 khi nâng thùng đầy tải

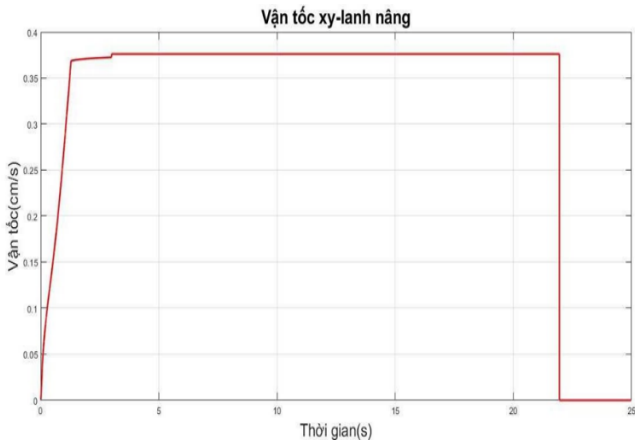
4.3.2.1. Hành trình xylanh nâng thùng



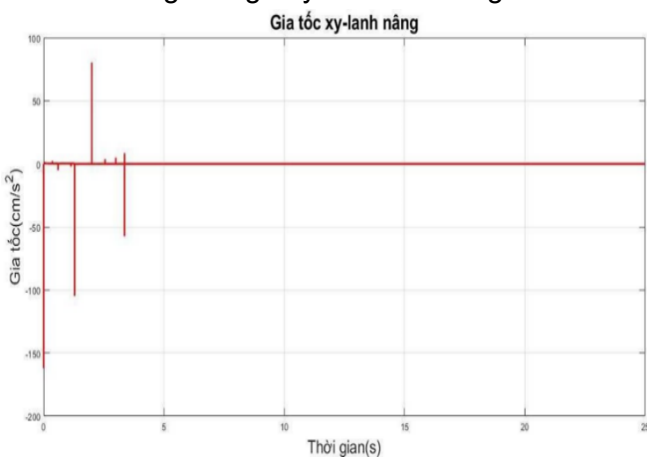
Hình 10. Đồ thị hành trình xylanh ở giai đoạn 1 – nâng thùng đầy tải theo thời gian

Từ đồ thị nhận thấy hành trình xylanh nâng thùng 80cm trong thời gian xấp xỉ 22s.

4.3.2.2. Vận tốc và gia tốc xylanh nâng



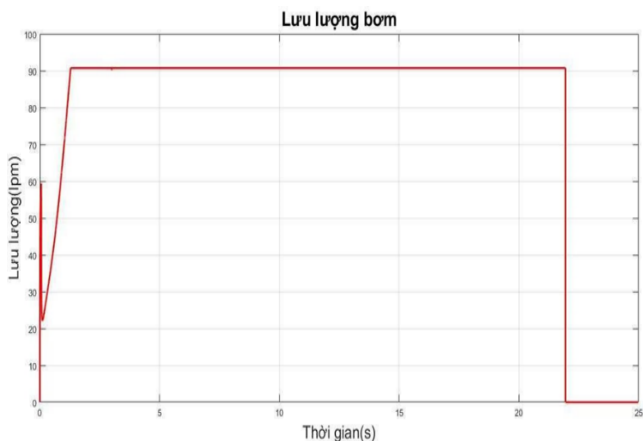
Hình 11. Đồ thị vận tốc xy-lanh ở giai đoạn 1 – nâng thùng đầy tải theo thời gian



Hình 12. Đồ thị gia tốc xy-lanh ở giai đoạn 1 – nâng thùng đầy tải theo thời gian

Vận tốc xy-lanh tăng lên khi đã thắng được quán tính, đến tối đa đạt 3.7cm/s sau đó di chuyển đều. Khi chạm bánh lăn xy-lanh chuyển động chậm lại để chuyển đổi trạng thái phản lực của thùng từ tiếp xúc với mặt đất sang tựa vào khung phụ.

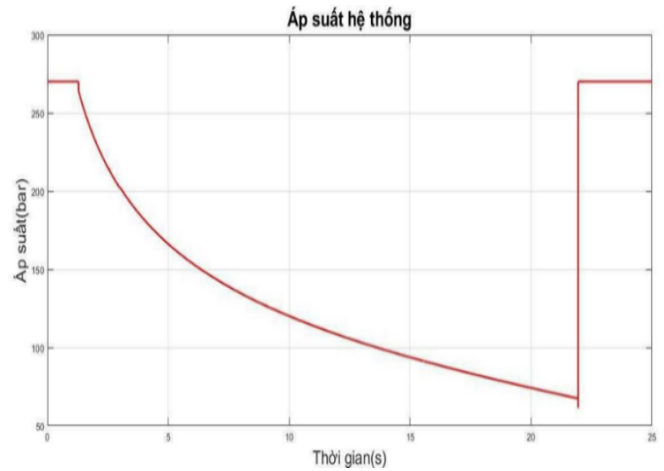
4.3.2.3. Lưu lượng bơm



Hình 13. Đồ thị lưu lượng bơm ở giai đoạn 1 – nâng thùng đầy tải có thời gian

Lưu lượng bơm tăng nhanh và đạt tối đa 90.5 lít/phút ở tốc độ bơm 1500 vòng/phút khi áp suất giảm.

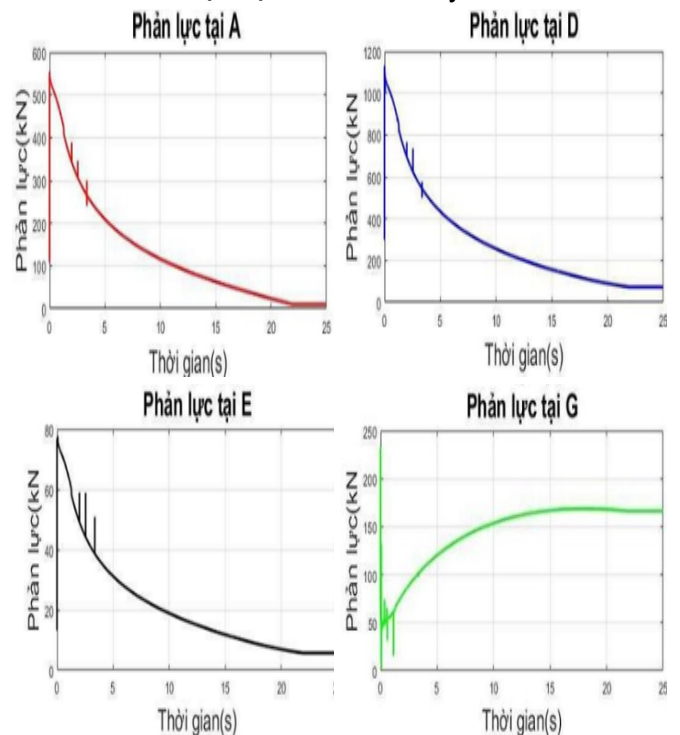
4.3.2.4. Áp suất hệ thống



Hình 14. Đồ thị áp suất hệ thống ở giai đoạn 1 – nâng thùng đầy tải theo thời gian

Áp suất hệ thống nhanh chóng đạt 320bar sau đó giảm dần khi đã thắng được quán tính của thùng.

4.3.2.5. Phản lực tại các chốt xoay

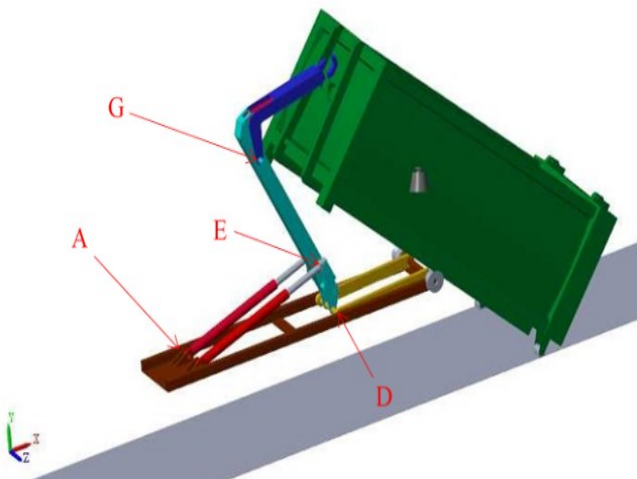


Hình 15. Đồ thị phản lực tại các chốt xoay ở giai đoạn 1 – nâng thùng đầy tải theo thời gian

Phản lực tại các chốt đạt giá trị lớn nhất ở giai đoạn đầu khi xy-lanh nâng bắt đầu hoạt động và giai đoạn khi thùng bắt đầu chạm vào khung phụ

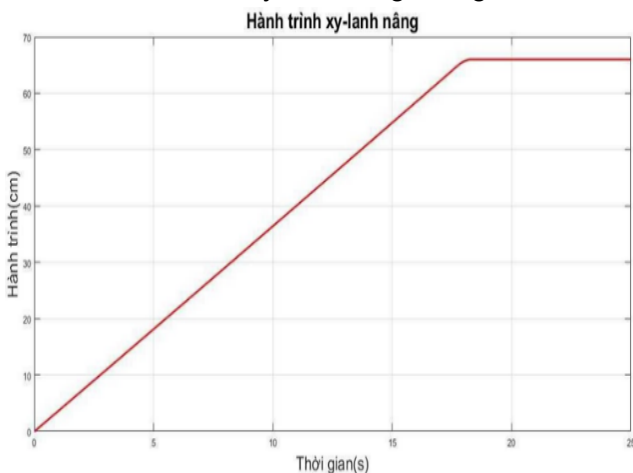
(hành trình xylanh nâng 800mm). Lý do cần một lực lớn ban đầu thắng được quán tính của thùng và khi phản lực của thùng thay đổi vị trí điểm đặt từ mặt đất lên khung phụ sẽ cần một phản lực lớn hơn tại các chốt có thể cân bằng với trạng thái chuyển đổi này. Giá trị phản lực tại D lớn hơn các chốt còn lại sấp xỉ 1200kN vì D là điểm liên kết giữa tay khuỷu và tay nâng nên chịu phần lớn tải trọng từ thùng. Ở trạng thái này cánh tay đòn là lớn nhất do đó D phải chịu một tải trọng lớn hơn các chốt còn lại.

4.3.3. Kết quả thu được ở giai đoạn 2 khi nâng thùng đầy tải



Hình 16. Mô hình mô phỏng và vị trí các chốt ở giai đoạn 2 khi nâng thùng đầy tải

4.3.3.1. Hành trình xylanh nâng thùng



Hình 17. Đồ thị hành trình xylanh nâng giai đoạn 2 – nâng thùng đầy tải

Hành trình xylanh nâng 66cm di chuyển khoảng 18s.

4.3.3.2. Hành trình xylanh trượt thùng



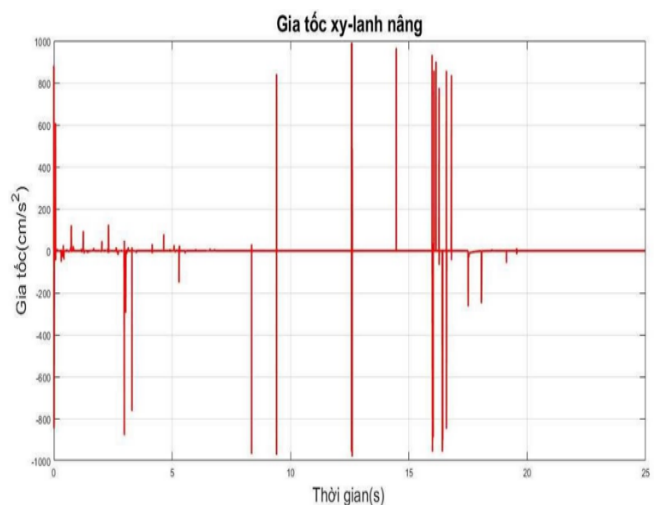
Hình 18. Đồ thị hành trình xylanh trượt giai đoạn 2 – nâng thùng đầy tải

Hành trình xylanh trượt thùng 22cm di chuyển bắt đầu từ thời điểm 18s và kết thúc hành trình tại giây thứ 24,5.

4.3.3.3. Vận tốc và gia tốc xylanh nâng



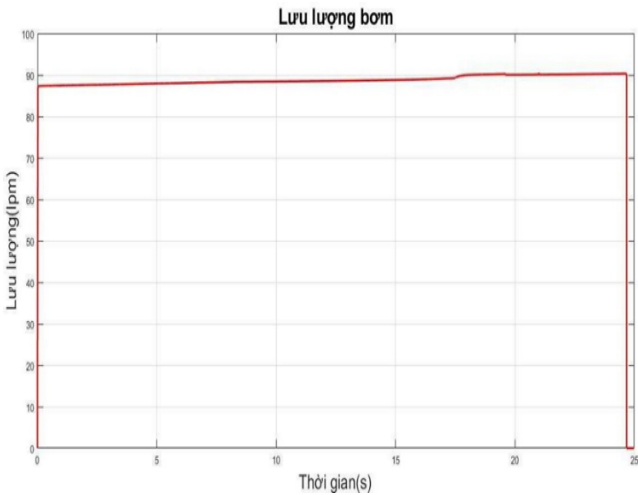
Hình 19. Đồ thị vận tốc xylanh nâng giai đoạn 2 – nâng thùng đầy tải



Hình 20. Đồ thị gia tốc xylanh nâng giai đoạn 2 – nâng thùng đầy tải

Vận tốc xylanh nâng tăng nhanh đạt 3,6cm/s sau đó tiếp tục tăng do có sự tác động của trọng lực và đạt cực đại ở 3.7cm/s và sau đó giảm dần và kết thúc hành trình. Gia tốc xylanh có sự biến động lớn liên tục do có tác động của quán tính thùng trong thời gian cực kì nhỏ, do đó đa phần xylanh nâng di chuyển đều trên xuyên suốt hành trình.

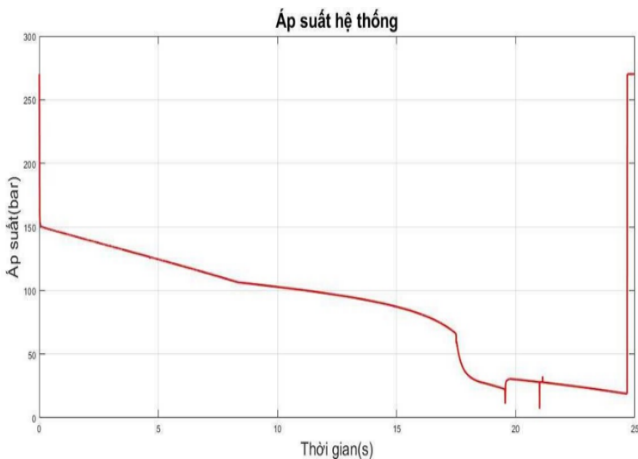
4.3.3.4. Lưu lượng bơm



Hình 21. Đồ thị lưu lượng bơm giai đoạn 2 – nâng thùng đẩy tải

Lưu lượng bơm đạt ở mức 89 lít/phút sau đó tăng dần và đạt tối đa 90.5 lít/phút vì lý do áp suất hệ thống giảm, ở giây thứ 18 lưu lượng tăng nhưng không đáng kể do xylanh nâng đi hết hành trình và xylanh trượt bắt đầu được mở.

4.3.3.5. Áp suất hệ thống



Hình 22. Đồ thị áp suất hệ thống giai đoạn 2 – nâng thùng đẩy tải

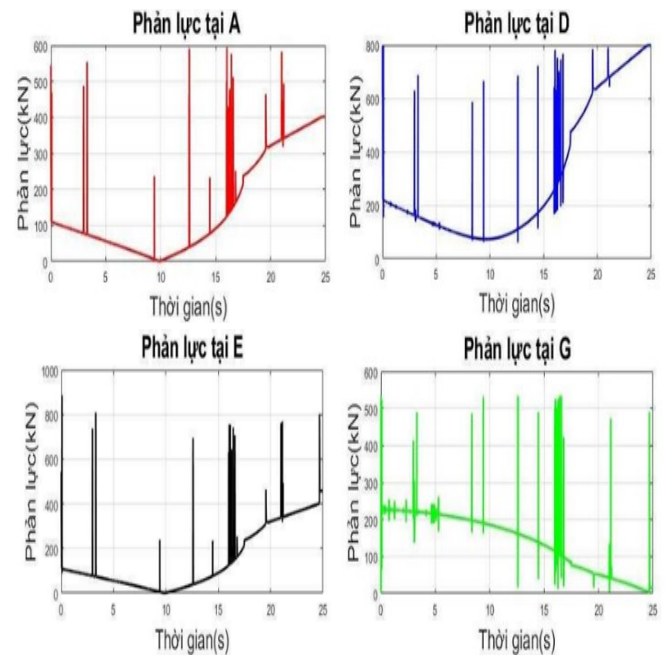
Áp suất hệ thống ban đầu để thắng được quán tính nâng là 150bar sau đó giảm dần, ở giây

thứ 18 khi van điều khiển xylanh nâng đóng lại áp suất tăng và khi van xylanh trượt được điều khiển mở ra, dầu thủy lực được bơm vào xylanh trượt thùng áp suất lại giảm và giữ ổn định ở mức 25 - 40 bar cho đến khi hành trình kết thúc ở giây thứ 24.5.

4.3.3.6. Lực tác động lên các chốt

- Ở giai đoạn nâng thùng có tải này, trạng thái nâng thùng khi diểm tựa thùng nằm trên khung phụ cho kết quả phản lực có biên độ dao động lớn, lên đến 800kN.

- Về đặc tính hàm số của phản lực tại các chốt cao ở giai đoạn ban đầu, xu hướng tăng vì thùng đang được nâng lên từ mặt đất, toàn bộ tải trọng thùng và rác tác động lên toàn bộ hệ thống nâng hạ. Ở giây thứ 18 trạng chuyển tiếp khi xylanh trượt thùng hoạt động, lực nâng có dấu hiệu dao động mạnh do thùng thay đổi quỹ đạo từ song phẳng sang tịnh tiến.



Hình 23. Đồ thị phản lực tại các chốt ở giai đoạn 2 – nâng thùng đẩy tải

5. Kết luận

Bài báo xây dựng được mô hình động lực học bộ công tác nâng hạ thùng của xe tải thùng rời và khảo sát mô hình động lực học khi nâng thùng với trạng thái đầy tải.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc tính toán cơ cấu nâng hạ, cung cấp nguồn tài liệu tham

khảo và công cụ tính toán từ đó giúp giảm nhẹ khối lượng tính toán khi thiết kế và chế tạo sản phẩm cơ cấu nâng hạ trong nước và sử dụng, khai thác xe được hiệu quả. Tuy nhiên, mô hình tính toán bỏ qua ma sát cơ khí giữa các khớp xoay và khớp trượt, bỏ qua tổn thất áp suất tại các cơ nối ống tụy ô.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Đ.V. Đang. (2023). Phân tích động học và động lực học cơ cấu nâng hạ xe hook-lift bằng matlab simulink. *Luận văn Thạc sĩ Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*.
- [2]. G. Shi, S. Chen and G. Liang. (2019). Analysis with ADAMS/ANSYS on Dynamic Properties of Rotating Hook-lift Garbage Truck. *Hội thảo Quốc tế về Công nghệ Đo lường và Tự động hóa Cơ điện tử*, tập 2, trang 746-749, Trung Quốc.
- [3]. R. Jiang, D. Liu, Z. Wang and W. Fan. (2012). Dynamic Characteristics Simulation for Lifting Mechanism of Dump Truck Based on Virtual Prototype. *Cơ học Ứng dụng và Vật liệu*, tập 195, trang 754-757.
- [4]. J. Hu, W. Ding and H. Deng. (2013). Dynamic Modeling and Analysis of Lifting Mechanism for Forging Manipulator. *Cơ học Ứng dụng và Vật liệu*, tập 278, trang 633-640.
- [5]. S. Liu and L. Zhang. (2014). Kinematics and Force Analysis of Lifting Mechanism of Detachable Container Garbage Truck. *Tạp chí Kỹ thuật Cơ khí mở*, tập 8, trang 219-223.
- [6]. N.P. Đình, T.Q. Hung and L.H. Quan. (2017). Xác định lực tác động lên xylanh thủy lực chính trong quá trình nâng chuyển thùng hàng. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, tập 11, trang 208-211.
- [7]. P.Q. Chien, L.M. Chien and N.V. Nam. (2020). Thiết kế ô tô chở rác trên nền ô tô chassis tải, Bachelor thesis. *Trường ĐH Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh*.
- [8]. OMFB- ITALY. (2016). Pompe a pistoni ad asse inclinato bent axis piston pumps. Internet: <https://www.hydrabuy.com>
- [9]. Hydroma hydraulic systems. (2015). Catalogue directional control valve, sectional valve, HC-D6. Internet: <https://www.hydroma.eu/hydraulic-distributors/directional-control-valves/sectional-valves/hc-d6/>
- [10]. UNILIFT-ITALY. (2016). Catalogue Hooklift UNILIFT A18N lifting mechanism. Internet: <https://www.west-trans.com.au/product/hook-lift-hl-18a/>
- [11]. N.H. Tien. (2021). Ứng dụng Matlab/simscape trong mô phỏng hệ thống thủy lực xe cứu hộ sà trượt, Bachelor thesis. *Trường ĐH Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh*.