

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP HÚT BÙN BỂ LẮNG NƯỚC GIẢI NHIỆT

STUDY ON SOLUTION FOR REMOVING SETTLED SLUDGE IN WATER POOL FOR COOLING TOWER

Nguyễn Duy Thanh¹, Nguyễn Đăng Hưng², Nguyễn Khánh Trung²,

Phan Hoàng Long^{2,3,4}, Nguyễn Tấn Tiến^{2,3,4}

¹Nhà máy Đạm Cà Mau (PVCFC)

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu và đề xuất giải pháp dọn bùn lắng ở bể lắng giải nhiệt của Nhà máy Đạm Cà Mau. Đặc điểm bể lắng được nghiên cứu từ đó đề xuất giải pháp ba bước kết hợp giữa thiết bị và thủ công để dọn sạch bùn: hút thô dùng robot; dọn bùn trong các ngách bằng thủ công; và hút tinh dùng robot. Robot di động hai bánh xích được thiết kế cho hai bước hút thô và tinh. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm một phần chứng minh tính khả thi của giải pháp đề nghị.

Từ khóa: Bùn lắng; Robot hút bùn; Bể lắng nước giải nhiệt; Nhà máy Đạm Cà Mau.

ABSTRACT

This paper study and propose solutions to remove settled sludge in the water pool for cooling tower at Ca Mau fertilizer plant. The characteristics of the water pool was studied and then propose the solution for solving this problem through there steps: initial step; manual step; and finish step. Tracked mobile robot are designed for removed settled sludge in the first and the last steps. Simulation and partly experiment results show the possibility of the proposed solutions.

Keywords: Settled sludge; Sludge suction robot; Water pool for cooling tower; Ca Mau Fertilizer Plant (PVCFC).

Tại PVCFC, diện tích bể lắng khoảng 3400m³, sau một năm lớp bùn lắng dày 0,3m. Mỗi năm nhà máy dừng hoạt động một lần tiến hành bảo trì toàn bộ hệ thống từ 12÷15 ngày. Sau khi dọn bùn, bề mặt đáy bể phải được làm sạch để kiểm tra lớp sơn chống thấm và sơn lại nếu lớp sơn bị mòn hay bong tróc. Số lượng nhân lực thực hiện việc dọn bùn tại hồ ít nhất 15 người thực hiện.

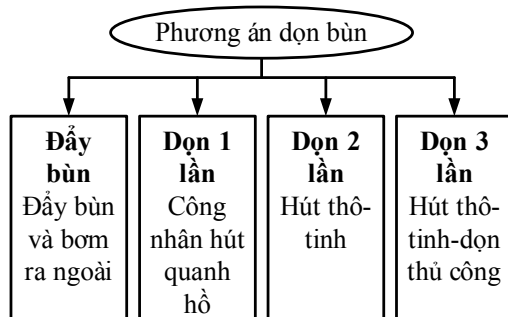


Hình 5. Dọn bùn đáy bể làm mát theo phương thức thủ công

Việc dọn bể lắng hiện nay vừa tốn thời gian vừa nguy cơ tiềm ẩn đến an toàn lao động cho công nhân. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đề xuất giải pháp tự động/bán tự động cho bài toán dọn bùn trong bể lắng PVCFC.

2. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN

2.1. Phương án dọn bùn



Hình 6. Phương án dọn bùn

Với đầu bài cần dọn bùn trong hồ, một số phương án sau được đề xuất:

- Đẩy bùn: Dùng robot hoặc một cơ cấu đẩy bùn tập trung một chỗ và dùng bơm hút ra ngoài hồ.

- Dọn 1 lần: Nối ống dài ra ngoài hồ và đi đến đâu cầm ống hút đến đó.

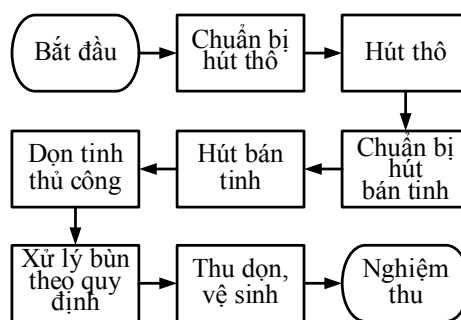
- Dọn 2 lần: Chia làm hai phần chính, đánh toi và dọn phần bùn đóng cứng trên mặt hồ; và quét lớp bùn còn lại.

- Dọn 3 lần: Tương tự như dọn 2 lần nhưng bổ sung thêm một bước nữa là công nhân sẽ cầm đầu ống hút bùn còn sót lại trong khe hẹp.

Kết luận: sử dụng phương án dọn 3 lần với bước dọn thô và bán tinh sử dụng robot và bước dọn cuối cùng ở những khe hẹp sẽ do công nhân thực hiện nhằm đảm bảo tối đa độ sạch cho nhà máy.

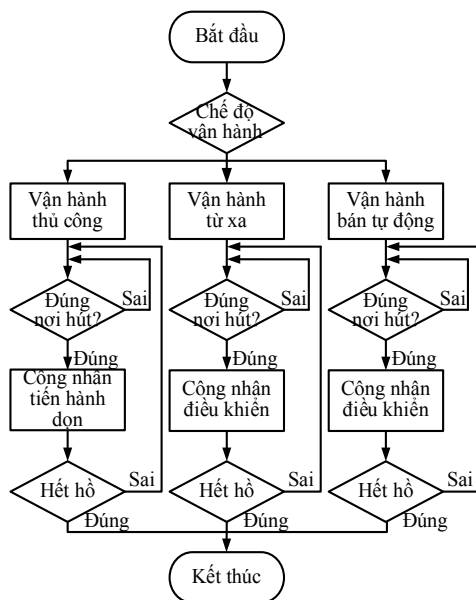
2.2. Lựa chọn lưu đồ giải thuật và cấu trúc điều khiển

Từ phương án dọn 3 lần trên, lưu đồ giải thuật cho quy trình dọn bùn của nhà máy được đặt ra như sau:



Hình 7. Quy trình vận hành

Với tính chất hồ có nhiều vật cản và nhiều ngõ ngách, 3 cấu trúc điều khiển phù hợp với điều kiện hồ được nghiên cứu. Thứ nhất là phương án vận hành tự động, robot sẽ dò sa đồ có sẵn được lập trình để robot di chuyển tự động trên mặt hồ mà không cần can thiệp từ công nhân. Thứ hai là phương án điều khiển bán tự động, công nhân là người điều khiển từ xa từ trên mặt hồ, phương án này để robot đi lại những nơi mà chế độ tự động không dò tới. Cuối cùng để đảm bảo độ sạch của mặt hồ trước khi nghiệm thu, tác giả đề ra phương án vận hành thủ công để kiểm tra và dọn những phần bùn còn sót lại trên mặt hồ sau khi robot đã di chuyển.



Hình 8. Giải thuật điều khiển

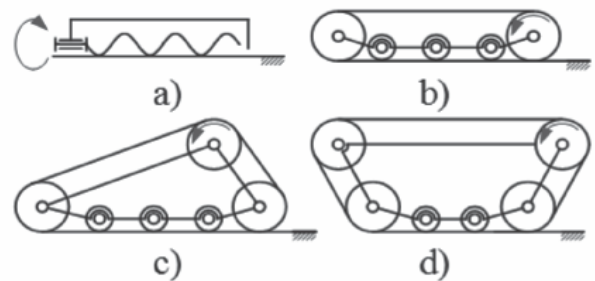
3. THIẾT KẾ

3.1. Thiết kế cơ khí

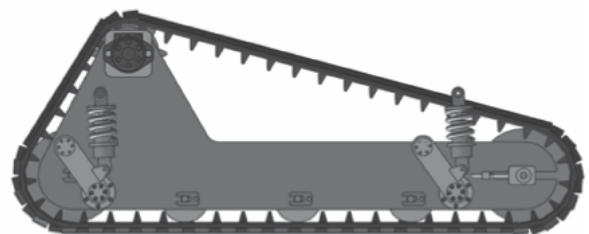
Thiết bị hút bùn dưới nước được chia thành hai dạng: thiết bị nổi trên mặt nước và thiết bị bò dưới đáy hồ. Mục đích chung của các thiết bị này là xử lý, loại bỏ bùn, cặn lắng dưới đáy hồ mà không cần phải rút cạn hồ

để xử lý. Với giả thiết đặt ra của đề tài là robot bị giới hạn bởi xà ngang phía trên bao quanh mặt hồ, nên chỉ lựa chọn được dạng robot di chuyển dưới nước để dọn dẹp cũng như giới hạn chiều cao không được vượt quá 1,5m. Việc thiết kế robot được chia thành 03 cụm chính: cụm di chuyển, cụm đầu hút và cụm thân robot gồm nguồn và bơm với từng đặc tính khác nhau cần đảm bảo cho môi trường nhà máy.

Để di chuyển trên mặt hồ bê tông với lớp bùn đặc xung quanh, cơ cấu bánh xích được sử dụng trong thiết kế. Dạng tam giác của bánh xích được sử dụng với ưu điểm động cơ dẫn động nằm ở trên cao, và đai không bị chùng khi robot di chuyển theo hai chiều tiến và lùi.



Hình 9. Các cấu hình di chuyển: a) Trục vít; b) Bánh xích oval; c) Bánh xích tam giác; d) Bánh xích hình thang.

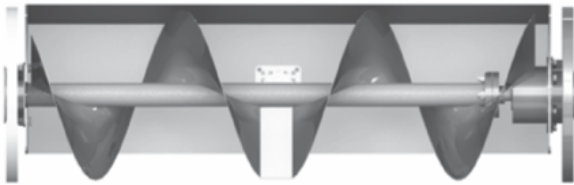


Hình 10. Thiết kế bánh xích hình thang

Về phía cụm hút, tiêu chí đặt ra là không được phá hủy mặt nền nhưng phải đảm bảo đánh tơi được lớp bùn đặc và dọn sạch mặt nền, điều này sẽ chia cụm đầu hút ra làm hai dạng, thứ nhất robot hút thô, với đặc tính kích thước

lớn và đầu hút có thể đánh toi lớp bùn, đồng thời hút lượng bùn lớn phía trên sẽ sử dụng cơ cấu trục vít nhưng không được chạm mặt hồ vì điều này sẽ gây phá hủy bề mặt. Tiếp theo đó, robot hút tinh sẽ dùng chổi mềm và đầu hút phía trước để dọn lớp bùn còn đọng lại trên mặt hồ nhằm đảm bảo độ sạch bề mặt đáy.

Cụm đầu hút có cơ cấu gom bằng trục vít, để đảm bảo không làm hư đáy hồ nên ở hai đầu trục được lắp thêm bánh xe đồng tâm với trục và có đường kính lớn hơn đường kính bao của trục vít.



Hình 11. Trục vít đánh toi bùn

Đối với cụm chổi, để đảm bảo lượng bùn quét được sẽ lùa vào giữa tâm hút ở giữa robot, lông chổi hình chữ V xoắn ngược chiều nhau từ hai đầu vào giữa như cách lùa bùn của trục vít được sử dụng.



Hình 12. Đầu chổi quét bùn trên nền

Thân robot với nguồn cấp phải được thiết kế trên tiêu chí: đảm bảo an toàn trong môi trường toàn nước và đủ công suất để hoạt động trong thời lượng ít nhất 04 tiếng liên tục. Vì vậy, nguồn cấp cho robot hút thô được sử dụng nguồn thủy lực để đảm bảo đủ công suất cho việc đánh toi và xử lý lượng bùn lớn phía trên; nguồn cho robot hút tinh vì công suất không

quá lớn nên sử dụng nguồn điện được cấp từ máy phát.

Thiết kế tổng quát của hai robot được trình bày như sau.



Hình 13. Robot hút thô và bán tinh

3.2. Thiết kế bộ điều khiển

Mô hình động học tổng quát của hệ hai bánh xích chuyển động trên mặt phẳng xét độ trượt bánh xích trái s_{sl} và phải s_{sr} , góc trượt α_{st} [1], [2], [3], [4]. Đặt:

$$\bar{s}_{sl} = 1 - s_{sl}; \bar{s}_{sr} = 1 - s_{sr}$$

$$a = \cos \theta_t - \sin \theta_t \tan \alpha_{st}$$

$$b = \sin \theta_t + \cos \theta_t \tan \alpha_{st}$$

Phương trình mô tả hệ động học của mô hình bánh xích:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_t \\ \dot{y}_t \\ \dot{\theta}_t \end{bmatrix} = \frac{r}{2} \begin{bmatrix} \bar{s}_{sl}a & \bar{s}_{sr}b \\ \bar{s}_{sl}a & \bar{s}_{sr}b \\ -\frac{2}{b}\bar{s}_{sl} & \frac{2}{b}\bar{s}_{sr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_l \\ \omega_r \end{bmatrix}$$

Để đưa mô hình từ điểm dò line C đến điểm mong muốn R, lập phương trình sai số:

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_R - x \\ y_R - y \\ L(\theta_R - \theta_t - \alpha_{st}) \end{bmatrix}$$

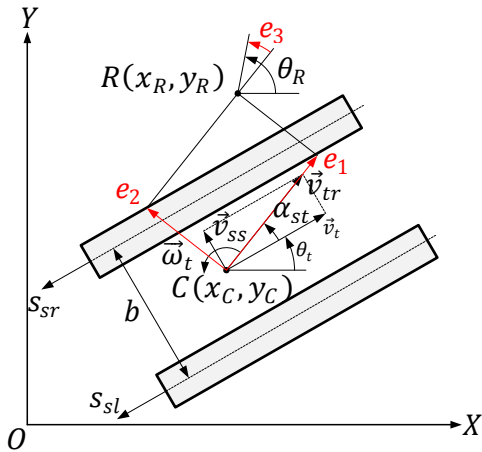
Động học sai số của mô hình:

$$\begin{bmatrix} \dot{e}_1 \\ \dot{e}_2 \\ \dot{e}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_r \cos \left(\frac{e_3}{L} + \alpha_{st} \right) \\ v_r \sin \left(\frac{e_3}{L} + \alpha_{st} \right) \\ L(\omega_r - \dot{\alpha}_{st}) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\cos \alpha_{st} & e_2 \\ -\cos \alpha_{st} \tan \alpha_{st} & -e_1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}$$

Hệ đạt trạng thái ổn định theo tiêu chuẩn Lyapunov với bộ điều khiển:

$$\begin{cases} v = v_t \cos e_3 + k_1 e_1 \\ \omega = k_2 v_t e_2 + \omega_R + k_3 \sin e_3 \end{cases}$$

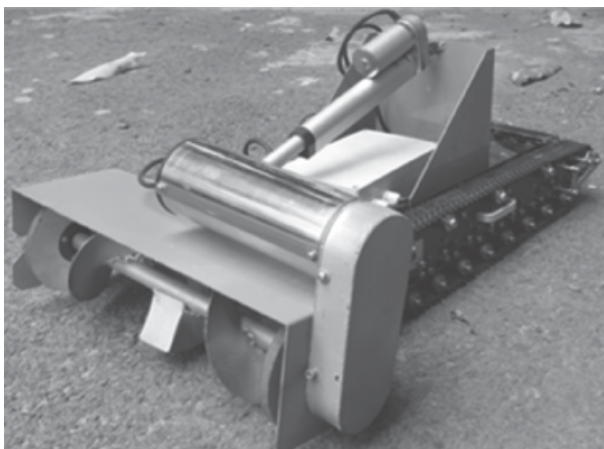
Trong đó, các hệ số k_1 , k_2 , k_3 mang giá trị dương.



Hình 14. Mô hình robot hai bánh xích có trượt

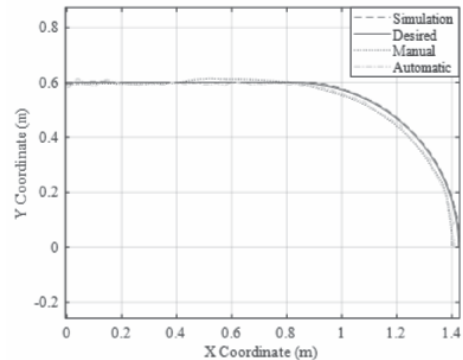
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM

Nghiên cứu thu nhỏ mô hình thiết kế và kiểm nghiệm chế độ điều khiển bằng tay (bán tự động), chế độ điều khiển tự động và lưu lượng hút được bùn thực tế của trục vít.

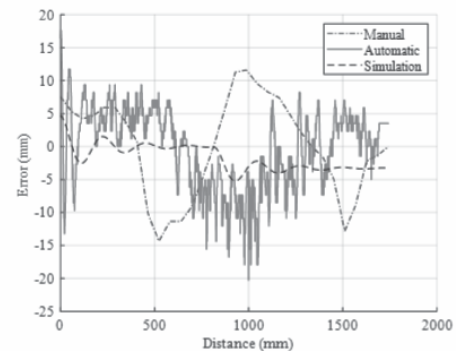


Hình 15. Mô hình thực nghiệm

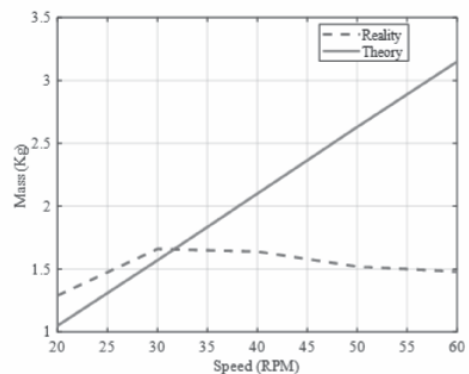
Thực nghiệm cho thấy sự trượt ảnh hưởng đến quỹ đạo chuyển động ở chế độ điều khiển bằng tay lẫn tự động khi robot chuyển hướng. Với biên độ sai số dò line $\pm 20\text{mm}$ chứng tỏ mô hình bánh xích có khả năng đi theo sa đồ, tạo tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo tự động hóa quy trình dọn bùn.



Hình 16. Quỹ đạo thực nghiệm



Hình 17. Sai số dò line



Hình 18. Thực nghiệm hút bùn

Với trục vít, thực nghiệm cho thấy hiệu suất của trục vít đặt trong máng thấp hơn lý thuyết và lưu lượng không tăng theo tốc độ quay của trục vít. Vì vậy, cần thực nghiệm để tìm tốc độ quay tối ưu của trục vít trước khi vận hành.

5. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu và đề xuất một giải pháp dọn bùn trong bể lắng nước giải nhiệt tại Nhà máy Đạm Cà Mau. Nghiên cứu cho thấy mặc dù độ trượt ảnh hưởng đáng kể đến chuyển động bánh xích nhưng cấu hình vẫn có khả năng đi theo quỹ đạo mong muốn. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm cho thấy phương án đề xuất có tính khả thi. Nghiên cứu này đặt cơ sở bước đầu cho bài toán nghiên cứu thiết kế giải pháp dọn sạch bùn tại bể lắng PVCFC đang được triển khai tại Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-

HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2022-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **25/5/2022**

Ngày phản biện: **06/6/2022**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Javad Taghia, Jayantha Katupitiya (2020); *Applied Guidance Methodologies for Off-road Vehicles*. pp 13-15.
- [2]. Khisbullah Hudha, Zulkifli Abd Kadir, Muhammad Akhimullah Subari (2020); *Development of Path Tracking Control of A Tracked Vehicle for An Unmanned Ground Vehicle*.
- [3]. Ting Zou, Jorge Angeles, and Ferri Hassani (2018); *Dynamic Modelling and Trajectory Tracking Control of Unmanned Tracked Vehicles*. Canada.
- [4]. Krzysztof Kurc, Dariusz Szybicki, Andrzej Burghardt, and Magdalena Muszyńska (2016); *The application of virtual prototyping methods to determine the dynamic parameters of mobile robot*. pp 55-63.