

# NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ROBOT GIÁM SÁT ĐƯỜNG ỐNG NƯỚC THẢI DESIGNING, MANUFACTURING ROBOT FOR SUPERVISING THE SAWAGE LINE ROBOT

Trần Tuyết Quyên<sup>1</sup>, Nguyễn Trường Thịnh<sup>2</sup>  
Trường Cao đẳng Sư phạm Sóc Trăng<sup>1</sup>,  
Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TPHCM<sup>2</sup>.

## TÓM TẮT

Robot giám sát đường ống thoát nước, là một trong những khái niệm mới về robot dịch vụ chuyên nghiệp, giúp sớm tìm ra các ‘hố tử thần’ do các đường ống thoát nước bị rò rỉ hoặc vỡ gây ra trên các tuyến đường. Đường ống thoát nước có đường kính từ 0,2 đến 0,8m thì công nhân không thể chui lọt. Trong bài báo này, nhiệm vụ chính là thiết kế mô hình robot giám sát đường ống thoát nước phù hợp với yêu cầu. Để thực hiện tốt nhiệm vụ đề ra, chúng tôi đề xuất phương án di chuyển của robot trong đường ống thoát nước và phương pháp giám sát để ghi nhận được những hình ảnh rõ nét bên trong đường ống. Ngoài ra trong bài báo cũng đề cập đến cách giao tiếp để điều khiển robot di chuyển trong đường ống thoát nước. Cuối cùng, chúng tôi đánh giá mục tiêu thông qua thực nghiệm trong phòng thí nghiệm cũng như thực tế đồng thời sử dụng phần mềm mô phỏng robot để xác minh tính hiệu quả của các phương án đề xuất.

## ABSTRACT

Supervising the sawage line robot, is one of the new concept of professional service robots, which soon find out the ‘pit of death’ caused by the leak or break of the sewage lines under the roads. However, workers can’t get in the underground drainage pipes with the diameter ranged from 0.2 to 0.8 meter. In this article, the main task is to design the model of supervising the sawage robot suitable with the requirements. To accomplish the tasks, we propose the way to move the robot in the sawage lines and how to record the images inside the pipe clearly. In the later part of the article, we will mention the way to operate the robot to move along the pipe. Finally, we will evaluate the result through experimental process. In addition, we also use software simulating the robot to verify the effectiveness of the proposed plan.

## 1. Phần mở đầu

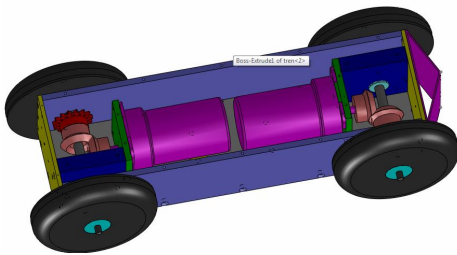
Hệ thống thoát nước ở Việt Nam hoạt động trong điều kiện hết sức khắc nghiệt như: nước thải có thể bị rò rỉ ra bên ngoài, gây ô nhiễm đất và nước ngầm. Thành phần nước thải thường bao gồm các hóa chất được sử dụng hiện nay, chúng chứa những thành phần kim loại nặng không có khả năng phân hủy được tích lũy trong bùn cặn và tạo ra các luồng khí độc. Ở Việt Nam, đối với loại ống có đường kính từ 0,2 đến 0,8m thì công nhân không thể chui lọt, do đó gây rất nhiều khó khăn cho việc kiểm tra sự cố của đường ống thoát nước. Còn để sớm tìm ra các ‘hố tử thần’ để giảm thiểu hậu quả nghiêm trọng do nó gây ra, ta phải dùng những robot được nhập về từ nước ngoài để giám sát đường

ống, kiểm tra xem những lỗi ở vị trí nào trong đường ống để tiến hành sửa chữa đường ống. Hay là sử dụng cách phổ thông hơn là gắn một máy ảnh và kết hợp với ánh sáng trên một tấm trượt được kéo di chuyển, hoặc chuyển động trên một máy kéo chạy dọc bên trong đường ống để sản xuất một video ghi lại tình trạng của đường ống. Với cách làm này vừa phức tạp vừa không chính xác. Xuất phát từ những yêu cầu này, đề tài nghiên cứu, thiết kế một robot có thể di chuyển dưới hệ thống cống rãnh, có khả năng giám sát và truyền hình ảnh về trung tâm điều khiển ngay lập tức để đánh giá sự phá hủy hư hỏng của đường ống thoát nước được đề ra. Mục tiêu của bài báo là dựa trên khả năng của một hệ thống thị giác máy hoạt động, dùng hệ thống

máy quay phim của robot để định hướng và ghi nhận tình trạng của ống khi robot di chuyển. Công việc này là một phần của một dự án nhằm phát triển một robot để khảo sát và vệ sinh hệ thống thoát nước một cách độc lập. Dự án được tập trung vào ống cống bê tông điển hình. Robot có kích thước khoảng một nửa kích thước của đường kính đường ống thoát nước, phải có khả năng liên kết chính nó với trục ống. Theo khảo sát thì hình dạng hình học của cống hầu hết là hình trụ và thẳng. Như vậy, một ràng buộc hình học trên môi trường làm việc của robot có thể mong đợi. Trong các phần sau bao gồm: thiết kế cơ khí, kiểm soát và điều khiển robot và một số kết quả thực nghiệm được trình bày. Các thực nghiệm được thực hiện trong phòng thí nghiệm và thực tế.

## 2. Thiết kế cơ khí

Sự lựa chọn cách robot di chuyển trên bề mặt bên trong đường ống là rất phức tạp, đặc biệt là dưới nước do môi trường phức tạp, có thể gặp phải các chướng ngại vật không xác định được.



H.1 Hệ thống truyền động của robot.

Robot được nhóm chế tạo vừa đảm bảo yêu cầu phù hợp với trình độ kỹ thuật tại Việt Nam, vừa đáp ứng những điều kiện thực tế của hệ thống thoát nước tại Việt Nam. Đầu tiên phải nói đến ưu điểm của robot là có thể thay thế sức lao động của con người trong các điều kiện làm việc khắc nghiệt hoặc nguy hiểm, nơi mà con người không thể làm việc hoặc ảnh hưởng đến sức khỏe. Bên cạnh đó, hệ thống thoát nước của Việt Nam, đường ống thoát nước có đường kính từ 0,2 ÷ hơn 0,8m. Đây là lý do chúng tôi lựa chọn kích thước của robot nhỏ gọn và có thể làm việc trong đường ống vừa và nhỏ (0,3 ÷ 0,5m). Thứ hai, việc các ống cống xuống cấp chính là lý do chính cản trở thoát nước khiến tình trạng ngập lụt diễn ra. Nếu không xác định được đoạn đường ống nào hư hại thì công việc tiến hành sửa chữa sẽ rất tốn kém thời gian và tiền bạc. Do vậy robot cần có thể truyền hình ảnh trực

tiếp trong lòng cống để ta có thể giám sát đường ống trong suốt quá trình robot di chuyển. Và vì đường ống nước thải ở nước ta có nhiều loại đường kính khác nhau, ta nghiên cứu đường ống thoát nước có đường kính từ 0,3 ÷ 0,5m, nên ta thiết kế bộ phận giám sát có cơ cấu nâng hạ cụm camera để có thể giám sát phù hợp với từng loại đường kính ống thoát nước đồng thời cụm camera có cơ cấu quay để ta có thể quan sát rõ bên trong đường ống. Thứ ba, với việc phải cung cấp năng lượng cho động cơ robot và bộ phận camera một cách liên tục. Sử dụng dây cáp để truyền năng lượng, tín hiệu là phương án tối ưu nhất. Cuối cùng, hệ thống thoát nước ở Việt Nam thường được thiết kế để thoát chung cho cả nước mưa và nước thải, hệ thống thoát nước thường được xây dựng với đường kính, độ dốc nhỏ và tốc độ dòng chảy thấp, đã gây ra sự lắng đọng và tắc cống trong cả mạng lưới. Lượng bùn cặn lắng đọng trong lòng cống, hồ ga là rất nhiều, mặt khác do chất lượng các mối nối cống không đảm bảo nên rễ cây thường xâm lấn vào lòng cống, hồ ga. Với những đặc điểm về mặt bằng trong lòng cống, nhóm thiết kế đề ra hai phương án di chuyển cho robot là di chuyển bằng xích đặc biệt cho bánh robot và di chuyển bằng bánh xe cao su. Sau khi so sánh những ưu – nhược điểm của hai kiểu truyền động theo (Bảng 1), nhóm nhận thấy nhược điểm của robot di chuyển bằng xích đặc biệt là khó khắc phục do đặc điểm của hệ thống cống ở nước ta có quá nhiều đá nhỏ và than vụn. Do đó nhóm quyết định thiết kế robot di chuyển bằng bánh xe (H.1). Robot có bốn bánh xe được điều khiển bởi hai động cơ làm cho robot có thể di chuyển dễ dàng, không bị ngã khi gặp chướng ngại vật. Robot di chuyển bằng hệ thống truyền động từ động cơ, truyền qua cơ cấu bánh răng nón dẫn động tới 2 bánh xe chủ động. Một động cơ điều khiển hai bánh xe cùng phía. Khi bánh chủ động quay sẽ truyền chuyển động cho bánh còn lại quay thông qua bộ truyền xích.

Để robot hoạt động hiệu quả trong đường ống, ba tiêu chí quan trọng nhất là không thấm nước, không lún xuống bùn và lực kéo phải đủ để vượt qua chướng ngại vật. Robot làm việc trong môi trường có nước và có bùn nên khi tính toán để chọn công suất động cơ, ta phải quan tâm đến lực cản của nước, sức

cản ma sát, hệ số ma sát của bùn, ... Và lực cản của hỗn hợp nước và bùn[1]:

$$K = \frac{1}{2} \rho \times V^2 \times A_s \quad (1)$$

Trong đó:  $\rho$  - khối lượng riêng của hỗn hợp nước và bùn,  $V$ : vận tốc,  $A_s$ : diện tích mặt ướt của robot.

Khối lượng riêng của hỗn hợp trên được đo bằng thực nghiệm ta có:

$$\rho = \frac{M_{hh}}{V_{hh}} \quad (2)$$

Sức cản ma sát: [1]

$$D = C_F \times K \quad (3)$$

Trong đó:

$C_F$ : hệ số độ cản riêng,  $K$ : lực cản của nước. Theo Reynon, công thức hệ số độ cản riêng phụ thuộc vào hình dạng tiếp xúc của vật thể, và vấn đề này đã được nhiều nhóm nghiên cứu, thí nghiệm đưa ra kết quả ở nhiều hình dạng khác nhau, ta chỉ sử dụng kết quả đó vào tính toán sức cản của bùn và nước[3].

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \rho \times S \times V} = 1.55 \quad (4)$$

Trong đó:

$V$ : giá trị tốc độ giới hạn,  $L$ : chiều dài của xe,  $v$ : hệ số nhớt động lực của chất lỏng,  $m^2/s$ .

Do robot di chuyển trong cống thải, không có sóng và xoáy cuộn do đó ta bỏ qua sức cản dư bao gồm sức cản sóng và sức cản xoáy cuộn. Cũng như bỏ qua sức cản không khí. Lực ma sát có giá trị như sau[2]:

$$F_{ms} = \mu \times N \quad (5)$$

Vậy tổng sức cản là: [1]

$$R = R_F + F_{ms} \quad (6)$$

Công thức tính toán công suất động cơ robot di chuyển[1]:

$$P = R \times V \quad (7)$$

Mặt khác, bề mặt di chuyển trong ống là mặt cong (do tiết diện ống hình tròn), có nước và bùn nên khi di chuyển robot sẽ có hiện tượng trượt nếu ta sử dụng bánh xe không có gai hay không phù hợp với địa hình thực tế. Vì vậy chúng tôi nghiên cứu tính toán để lựa chọn bánh xe có gai có hệ số ma sát phù hợp để xe di chuyển tốt trong môi trường có nước và bùn. Dựa vào các đặc điểm của các loại gai và yêu cầu thực tế, việc chọn loại bánh xe có gai MT (Mud Terrain) chuyên di chuyển trong bùn lầy, có gai to, diện tích tiếp xúc với mặt đường lớn hơn, tăng độ bám

đường trên mặt đường là hoàn toàn phù hợp với yêu cầu. Với những lựa chọn trên, hệ thống này giúp cho robot chuyển động trong ống cống được ổn định, cân bằng và vượt qua các vật cản, rác bùn, đất đá ở bên trong ống cống. Các chi tiết của hệ thống truyền động này phải được chế tạo đặc biệt để đảm bảo độ bền và chịu được ăn mòn hóa chất của nước thải trong đường ống.

**Bảng 1: So sánh loại hình truyền động cho robot.**

Loại hình di chuyển	Ưu điểm	Nhược điểm
Xích đặc biệt	Di chuyển ổn định Không trượt, Không lật	Kẹt xích, không di chuyển được khi có đá nhỏ, than vụn vương vào má xích,
Bánh xe cao su	Di chuyển nhanh Có thể di chuyển qua lại	Đễ bị trượt do bùn đất

Vấn đề lớn nhất của hệ thống thoát nước công cộng là đường ống quá nhỏ để có thể kiểm tra bằng con người. Đường kính của các đường ống thay đổi từ 0,2 đến 0,8m. Để robot có thể di chuyển trong loại cống này, một số giải pháp đã được trình bày. Robot sẽ được điều khiển bởi một bộ phận điều hành bên ngoài cống, người điều khiển ngồi trong một xe ô tô gần một cửa cống, có nhiệm vụ truyền thông tin và năng lượng qua một kết nối cáp. Tuy nhiên robot không thể vượt qua đường cong. Trong bài báo, một robot 4 bánh đã được điều tra có thể làm việc dưới nước trong đường ống đã làm sạch với đường kính 0.3m. Robot phải có nguồn cung cấp điện riêng của mình và phải đáp ứng các khía cạnh an toàn mạnh mẽ. Các yêu cầu của robot là: hoạt động từ xa, vượt qua những trở ngại với chiều cao nhỏ. Các kích thước của robot phụ thuộc chủ yếu vào cửa cống và đường kính của ống dẫn nước thải.

Nhiệm vụ đặt ra cho robot là di chuyển và giám sát trong lòng cống có nước và bùn, mực nước không quá 1/2 bánh xe, quan sát được toàn diện lòng cống và truyền hình ảnh rõ nét về người điều khiển. Vì vậy việc lựa chọn các thông số cho camera để đảm bảo đạt được nhiệm vụ đề ra là quan trọng.

Phương trình sau là mô hình động lực học của robot diễn tả mối liên hệ giữa mô-men xoắn tác động lên hai bánh xe với gia tốc và vận tốc của xe robot.

$$M_v(q_v)\ddot{q}_v + C_v(q_v, \dot{q}_v)\dot{q}_v = E(q_v)\tau_v - A^T(q_v)\lambda \quad (8)$$

### 3. Thiết kế điện

Phần lớn các đường ống nước thải có kích thước người không thể chui lọt. Để xử lý các đường ống như vậy, người ta sử dụng nền tảng con robot teleoperated. Trong bài báo này, robot được kết nối với bên ngoài bởi một dây cáp để cung cấp năng lượng, truyền các lệnh từ người điều khiển đến thiết bị, đồng thời truyền dữ liệu trở lại người điều khiển. Bên cạnh đó, dây cáp còn có vai trò như một sợi dây sống còn trong trường hợp robot bị mắc kẹt trong đường ống, và có thể là dây đo cho khoảng cách đi được. Một thay thế cho hệ thống điều khiển bằng dây cáp là một robot tự động có thể điều khiển từ xa không dây. Tuy nhiên, việc thực hiện liên kết thông tin liên lạc và cung cấp điện trở nên khó khăn hơn, đó là một bất lợi lớn so với tính di động đạt được. Hệ thống thoát nước là một môi trường độc hại đối với các robot để làm việc. Nó là một nơi hẹp, trơn, bẩn và ẩm ướt. Nó có thể gặp tất cả các mức độ ngập nước trong một đường ống thoát nước, từ khô đến hoàn toàn bị ngập lụt. Nó có thể bao gồm các chướng ngại vật như trầm tích và bị hư hại như các vết nứt, lỗ, nút giao trong xây dựng hoặc rễ cây phát triển đâm xuyên thành đường ống. Để đi theo chính xác tuyến đường đã vạch, để cung cấp thông tin hữu ích và kịp thời cho người điều khiển, định vị chính xác là không thể thiếu. Do đó, điều khiển bằng dây cáp là lựa chọn tối ưu.

Camera có nhiệm vụ nhận và gửi dữ liệu thô đến máy chủ định vị mỗi giây. Các máy chủ định vị nhận được các dữ liệu thô và cũng có thể nhận được dữ liệu từ một trạm tham chiếu được cài đặt gần đó. Các máy chủ tính toán vị trí chính xác tất cả các máy thu trong thời gian thực và gửi dữ liệu định vị cho robot. Robot này có năm động cơ. Robot chuyển động bằng hai động cơ DC với hộp số được đặt ở bên trong thân của robot. Mỗi động cơ điều khiển hai bánh xe cùng phía bằng truyền động xích. Các động cơ kết nối trực tiếp vào bánh xe theo dõi để tránh những chậm trễ. Phần giám sát cũng được sử dụng ba động cơ, một là dùng để nâng hạ cơ cấu hình bình hành giúp nâng hạ cụm camera, một dùng để quay camera và một dùng để di

chuyển góc quay camera. Robot hoạt động bằng cách sử dụng một đơn vị kiểm soát, cho phép nó được điều khiển bằng dây cáp. Các tín hiệu từ điều khiển và bảng điều khiển kiểm soát vì điều khiển để chuyển đổi tín hiệu thích hợp cho các thiết bị truyền động Robot.



H.2 Robot giám sát đường ống thoát nước.

### 4. Kết quả thực nghiệm

Sau khi nghiên cứu, thiết kế hoàn chỉnh, ta tiến hành chế tạo robot giám sát đường ống thoát nước (H.2). Để robot có thể ứng dụng rộng rãi ta phải tiến hành thực nghiệm. Nội dung này được trình bày ở phần sau. Mục đích chính của thực nghiệm là để xác định được giới hạn làm việc của robot. Thông qua đó làm rõ những ưu nhược điểm tồn tại để khắc phục và hoàn thiện robot. Sau khi hoàn tất các thiết kế, ta tiến hành chế tạo rồi thực nghiệm nhiều lần để hiệu chỉnh nhằm đạt được kết quả theo yêu cầu. Lần thử nghiệm đầu tiên tại Phòng thí nghiệm mở - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM. Trong lần thử nghiệm này chúng tôi đã tương đối thành công khi cho robot chạy trong cống có đường kính 0.3m, lòng cống ngập nước 50% có đất, đá nhỏ và cát. Bánh xe chạy êm và không trượt cho thấy lý thuyết khi chế tạo bánh xe là hoàn toàn chính xác. Động cơ truyền động cho robot hoạt động ổn định, chịu tải tốt.



**H.3 Hình dáng bên ngoài robot sử dụng giám sát đường ống thoát nước thải.**

Lần thử nghiệm thứ hai tại Khu công nghiệp Trảng Bàng – Tây Ninh cũng là lần thử nghiệm đầu tiên với đường ống thoát nước thực tế tại Việt Nam. Đoạn ống công mà nhóm nghiên cứu tương đối phức tạp, chằng chịt, đường kính công nhiều kích cỡ, có nhiều loại rác, bùn, đá, bê tông, ... Và chỉ nghiên cứu robot làm việc trong lòng công có đường kính 0.3m nhưng trong thực tế, hệ thống thoát nước của khu công nghiệp Trảng Bàng – Tây Ninh có ít đường công có kích thước trên, đa phần là công có đường kính trên 0.5m. Vì vậy khi robot làm việc trong đường công  $\phi 0.3m$ , robot có thể chạy được 7 – 9m, còn khi robot chạy trong lòng công  $\phi 0.5m$  trở lên thì nó chỉ chạy được 3 – 4m. Robot không chạy tiếp được vì khi di chuyển nó đẩy bùn về phía trước đến khi bùn ngập hơn nửa bánh xe là robot không chạy tới được. Sau lần thử nghiệm này, nhóm đã rút ra một số vấn đề quan trọng cần khắc phục của robot. Thứ nhất chính là phần bánh xe, với phiên bản 1, bánh xe của robot không có gai do đó chưa bám tốt để có thể chạy trong môi trường có nhiều bùn. Khi robot di chuyển còn có hiện tượng trượt bánh. Vấn đề thứ 2 chính là camera. Trong lòng công rất tối và đèn hồng ngoại của camera chưa đủ sáng để có thể truyền được hình ảnh rõ nét, ta không phát hiện được vết nứt hay điểm rò rỉ trên thành công. Một nguyên nhân khác là do ta nghiên cứu robot làm việc trong công  $\phi 0.3m$ , nên ta không thiết kế camera có thể quay được, vì vậy khi robot di chuyển vào đường công có kích thước lớn hơn thì nó không quan sát hết được thành công. Mặc dù lần thử nghiệm đầu tiên nhưng nhóm đã rút ra được nhiều kinh nghiệm rất quý báu. Qua đó cũng có thể thấy giữa thực tế và lý thuyết rất khác biệt. Đó cũng là những thách thức đặt ra cho nhóm để ngày càng hoàn thiện robot và gần với thực tế.

Lần thử nghiệm thứ ba cũng tại Khu công nghiệp Trảng Bàng – Tây Ninh vào tháng 05/2012 với một phiên bản mới. Kết quả thu được là robot chạy tốt trong lòng công có nước và bùn ngập  $\frac{1}{2}$  bánh xe nhưng với công có những khối đá to và cao thì robot chưa vượt qua chướng ngại vật. Hình ảnh thu về rất rõ, đẹp. Camera có thể ghi hình ở mọi góc độ trong lòng công. Với version này ta có thể kiểm tra khuyết tật bên trong đường ống. Tuy

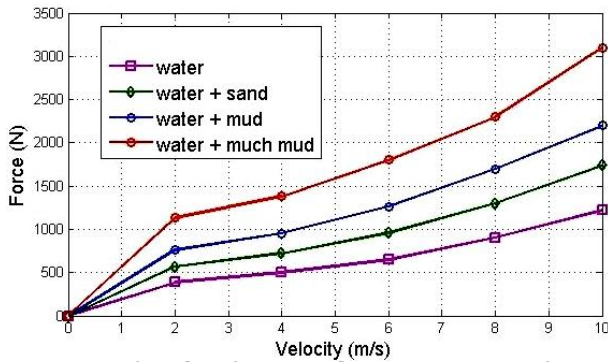
nhiên ta phải làm thêm cơ cấu tời để nâng hạ robot dễ dàng hơn.

Lần thử nghiệm thứ tư tại Đường Cộng hòa vào ngày 20/06/2012. Kết quả là robot chạy tốt trong lòng công có nước và bùn. Tốc độ của robot phù hợp. Hình ảnh thu về rất rõ, đẹp. Camera có thể ghi hình ở mọi góc độ trong lòng công. Với version này ta có thể kiểm tra khuyết tật bên trong đường ống.

Sau đó ta cho thực nghiệm nhiều lần ở nhiều môi trường khác nhau: chỉ có nước, có nước và cát, có nước và bùn ít, có nước và nhiều bùn, ... để kiểm tra tính ổn định của robot khi di chuyển trong đường ống thoát nước. Qua biểu đồ (H.4) ta thấy, khi ở môi trường chỉ có nước tức là hệ số nhớt lúc này chỉ bằng 10 ( $\mu = 10$ ) hay môi trường có nước và cát ( $\mu = 15$ ) thì robot có thể di chuyển dễ dàng vì lực cản lúc này nhỏ hơn lực phát động của động cơ. Còn đối với môi trường có nước và bùn ít thì robot có thể di chuyển được nhưng lúc này khó khăn, robot phải di chuyển chậm tuy nhiên khi robot di chuyển tức là robot đã đẩy một ít lượng bùn về phía trước nên thường robot chỉ di chuyển được một đoạn đường ngắn khi ở môi trường này. Môi trường nước và bùn nhiều thì robot không di chuyển được vì lúc này lực cản robot quá lớn, lớn hơn nhiều lực phát động của động cơ.

**Bảng 2:** Tổng lực cản của robot ứng với vận tốc trong từng môi trường:

Vận tốc (m/s)	Môi trường nước ( $\mu=10$ )	Môi trường nước, cát ( $\mu= 15$ )	Môi trường nước, bùn ít ( $\mu =20$ )	Môi trường nước, bùn nhiều ( $\mu=30$ )
0	0	0	0	0
2	385	570	760	1130
4	500	720	950	1380
6	650	960	1260	1800
8	900	1300	1700	2300
10	1220	1740	2200	3100

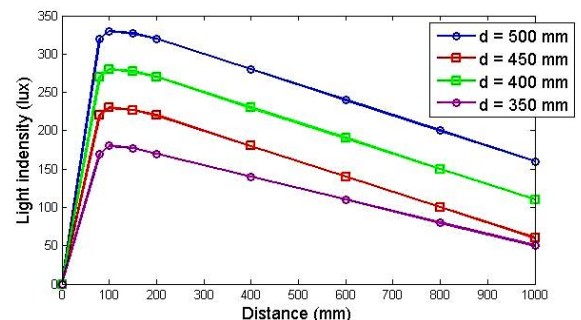


H. 4 **Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa tổng lực cản với vận tốc và môi trường thực nghiệm**

Hình ảnh thu được từ camera giám sát (H.5) phụ thuộc vào cường độ ánh sáng ở từng trường hợp thực nghiệm và góc mở của camera. Để đo được giá trị của cường độ ánh sáng, ta sử dụng thiết bị đo cường độ ánh sáng lux. Thiết bị này có chức năng là chốt dữ liệu, xem giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, tính giá trị trung bình nhiều điểm đo, tính giá trị trung bình theo thời gian. Góc quan sát cũng ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng hình ảnh camera thu được vì vậy ta cần điều chỉnh góc độ camera để thu được hình ảnh rõ nét thông qua các lần thực nghiệm. Ta không chọn góc quan sát của camera lớn vì nó có cơ cấu quay ngang, quay dọc và chế độ phóng to (thu nhỏ). Tiên hành thực nghiệm với từng kích cỡ của đường ống ở môi trường chỉ có nước, thay đổi cường độ ánh sáng ở các đèn led, ghi lại hình ảnh và ta đo được khoảng cách camera quan sát rõ. Biểu đồ (H.6) cho thấy tùy vào kích cỡ của đường ống mà ta sử dụng cường độ ánh sáng phù hợp thì khoảng cách camera thấy rõ sẽ thay đổi. Cường độ ánh sáng càng lớn thì khoảng cách càng xa. Qua kết quả trên ta chọn phương án sử dụng cường độ ánh sáng lớn phù hợp với loại đường ống lớn để ta biết được đoạn đường phía trước của robot có những chướng ngại gì để ta lựa chọn cách di chuyển.



H. 5 **Hình ảnh thu được từ camera**



#### H. 6 *Biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa khoảng cách camera quan sát rõ nhất với cường độ ánh sáng của từng kích cỡ đường ống*

Trong bài báo này, các quy trình kiểm tra đã được thử nghiệm trong thực tế. Robot được thử nghiệm bên trong các đường ống nước thải có đường kính 0.3m, 0.4m, 0.45m, 0.5m và kiểm soát để di chuyển thẳng về phía trước. Các robot đã được thử nghiệm cho tất cả các loại đường ống này. Các xét nghiệm trong ống thẳng của đường kính 0.3m đã được thực hiện để kiểm tra các tình trạng trong đường ống. Trong một tình huống điển hình, đối với ống dài không hơn 100m có thể được kiểm tra trong một lần di chuyển. Robot đã được thử nghiệm dựa trên phương pháp đề xuất và một hình ảnh thoát nước được chụp bởi máy ảnh CCD trên robot. Chúng tôi thực hiện một số thí nghiệm để kiểm tra máy quét tùy chỉnh trong ống cống ướt. Các thí nghiệm trong hệ thống cống rãnh thực sự ẩm ướt vẫn được thực hiện để kiểm tra.

#### 6. Tài liệu tham khảo

- [1] Krstić, M.; Kanellakopoulos I.; Kokotović, P.: *Nonlinear and Adaptive Control Design*. John Wiley & Sons, Inc., New York 1995
- [2] Quang. Ng.Ph.; Dittrich, J.-A.: *Praxis der feldorientierten Drehstromantriebs-regelungen*. 2. Aufl., Expert-Verlag, 1999

#### 5. Kết luận

Bài báo này đề cập đến một loại mới của robot giám sát đường ống nước thải phù hợp với môi trường làm việc dưới cống dẫn nước thải. Có thể tóm tắt những gì đã làm được trong dự án này như sau:

- Một robot được thiết kế để sử dụng giám sát các đường ống thoát nước của mạng lưới nước thải thành phố Hồ Chí Minh. Robot này cũng có thể được sử dụng vào các đường ống khác nhau với đường kính khác nhau bằng cách thay bánh xe.

- Một hệ thống giám sát được thiết kế để giám sát các đường ống nước thải có đường kính từ 0.3 – 0.5m.

- Một hệ thống điều khiển đơn giản được thiết kế để điều khiển robot.

- Kết quả thử nghiệm cho thấy các bộ điều khiển có hiệu quả có thể cải thiện kiểm soát chất lượng. Điều này có nghĩa rằng phương pháp này có thể được thực hiện và đáp ứng nhu cầu hiện tại.