

# NGHIÊN CỨU MỞ RỘNG PHẠM VI LÀM VIỆC CỦA MÁY BƠM HƯỚNG TRỤC CỖ LỚN BẰNG PHƯƠNG PHÁP XOAY CÁNH

Đỗ Hồng Vinh, Nguyễn Quang Minh, Phan Tuấn Anh

Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi

**Tóm tắt:** Trong bối cảnh hiện nay, việc ứng phó và thích nghi về các hiện tượng lũ lụt, nước biển dâng do tác động biến đổi khí hậu đang đòi hỏi phải xây dựng thêm các công trình thủy lợi nói chung và các trạm bơm nói riêng để đảm bảo cấp thoát nước phục vụ sinh hoạt và sản xuất, đặc biệt là nhu cầu cần thiết phải có các trạm bơm lưu lượng siêu lớn để phục vụ mục tiêu chống úng ngập các thành phố lớn và các vùng ven biển. Hầu hết các trạm bơm lớn này đều lắp đặt các bơm hướng trục cỡ lớn đòi hỏi có dải làm việc rất rộng.

Có hai phương pháp cơ bản để mở rộng dải làm việc của bơm hướng trục: điều chỉnh số vòng quay và điều chỉnh góc đặt cánh. Với các bơm hướng trục công suất lớn thì việc thay đổi góc đặt cánh (xoay cánh) là phổ biến vì việc thay đổi số vòng quay gặp nhiều khó khăn về kỹ thuật và bị hạn chế về công suất. Để mở rộng dải làm việc bằng xoay cánh hiệu quả, cần nghiên cứu ảnh hưởng của góc xoay cánh đến đặc tính làm việc và đặc tính xâm thực của máy bơm, từ đó đưa ra được các khuyến cáo cần thiết giúp cho nhà quản lý chọn được góc xoay cánh phù hợp đảm bảo bơm vận hành hiệu quả nhất.

**Từ khóa:** Bơm hướng trục, bánh công tác, xoay cánh, xâm thực.

**Summary:** In the current context, the response and adaptation to floods and sea level rise due to the impacts of climate change is requiring the construction of more irrigation works in general and pumping stations in particular to ensure water supply and drainage for daily life and production, especially the need for super-large volume pumping stations to serve the purpose of preventing flooding in big cities and coastal areas. Most of these large pumping stations install large axial pumps that require a very wide working range.

There are two basic methods for extending the working range of an axial pump: adjusting the number of revolutions and adjusting the impeller angle. With large capacity axial pumps, changing the impeller angle (blade rotation) is common because changing the number of revolutions faces many technical difficulties and is limited in capacity. In order to expand the working range by effective impeller rotation, it is necessary to study the influence of the impeller rotation angle on the working characteristics and cavitation characteristics of the pump, thereby giving the necessary recommendations to help managers choose the appropriate impeller rotation angle to ensure the most efficient operation of the pump.

**Keywords:** Axial pump, impeller, axial pump, cavitation.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, nhu cầu sử dụng bơm hướng trục cỡ lớn trong các trạm bơm để phục vụ tưới tiêu

nông nghiệp và thủy lợi là rất lớn. Đặc biệt, dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng hiện nay, nhu cầu này càng cấp thiết. Trong những năm qua, chúng ta đã xây dựng nhiều trạm bơm lớn và ngày càng có nhiều trạm bơm lớn sẽ được xây dựng. Để sử dụng hiệu quả các trạm bơm này, cần thiết

Ngày nhận bài: 15/01/2024

Ngày thông qua phản biện: 21/02/2024

Ngày duyệt đăng: 26/02/2024

phải có những nghiên cứu tính toán mở rộng phạm vi làm việc để tận dụng hết vùng làm việc tối ưu của máy bơm.

Một trong các phương pháp mở rộng phạm vi làm việc của máy bơm là xoay cánh công tác [1, 2, 3]. Muốn mở rộng phạm vi làm việc của máy bơm bằng phương pháp xoay cánh, chúng ta phải giải quyết các vấn đề sau:

- Về vấn đề thủy lực, với lưu lượng lớn và giới hạn kích thước chế tạo (liên quan đến khả năng công nghệ và giá thành), tốc độ dòng chảy lớn có thể thành tác nhân gây nên xâm thực dễ dàng trong cỡ máy bơm này. Mặt khác, các bơm lớn đều sử dụng cánh xoay để có thể điều chỉnh được thông số cột áp, lưu lượng thích ứng với điều kiện vận hành thực tế. Vì vậy, xâm thực hoàn toàn có thể xảy ra khi sử dụng biện pháp xoay cánh [4, 5].

- Về vấn đề năng lượng, với công suất bơm lớn, khi chế độ vận hành yêu cầu thay đổi, việc sử dụng cánh xoay là một trong những phương pháp tiết kiệm công suất tiêu hao. Khi đó thông số của bơm được điều khiển bằng việc xoay cánh đến vị trí phù hợp. Việc không làm việc tại điểm thiết kế cũng như vùng khai thác tối ưu sẽ dễ dàng dẫn đến vấn đề suy giảm hiệu suất. Vì vậy, cần nghiên cứu tìm ra đặc tính thủy lực và xâm thực khi bơm thay đổi góc đặt cánh trong dải rộng [1, 2, 4, 5].

Với việc tính toán xây dựng mô hình bơm nghiên cứu tương ứng cho bơm hướng trục cỡ lớn được lắp đặt trong thực tiễn và tiến hành thí nghiệm trên hệ thống thí nghiệm kiểu kín, chúng ta có thể giải quyết được các vấn đề trên.

## 2. PHẠM VI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phạm vi nghiên cứu

Các tổ máy bơm hướng trục cỡ lớn loại cánh xoay được lắp đặt tại Việt Nam; Các tài liệu

thiết kế bơm hướng trục có cơ cấu xoay cánh, các đặc tính làm việc tổng hợp và đặc tính tổng hợp không thứ nguyên trong các tài liệu tiếng Nga và tiếng Việt liên quan đến bơm hướng trục cánh xoay.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp điều tra khảo sát thực địa

Điều tra khảo sát một số các tổ máy bơm hướng trục cánh xoay hiện đang lắp đặt tại 4 trạm bơm Cốc Thành, Hữu Bị, Cổ Đàm, Vĩnh Trị do Công ty khai thác công trình thủy lợi Bắc Nam Hà quản lý.

#### 2.2.2. Phương pháp thu thập thông tin, tài liệu

Các tài liệu thiết kế, lắp đặt, vận hành; các thông tin ghi chép lưu trữ về các thông số vận hành bơm và thông số cột nước địa hình các trạm bơm.

#### 2.2.3. Phương pháp thực nghiệm

Thiết kế máy bơm mô hình trên cơ sở các thông số yêu cầu của máy bơm nguyên hình. Sau đó chế tạo máy bơm mô hình và tiến hành thí nghiệm trên hệ thống thí nghiệm máy bơm kiểu kín của Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi [2, 3, 6, 7].

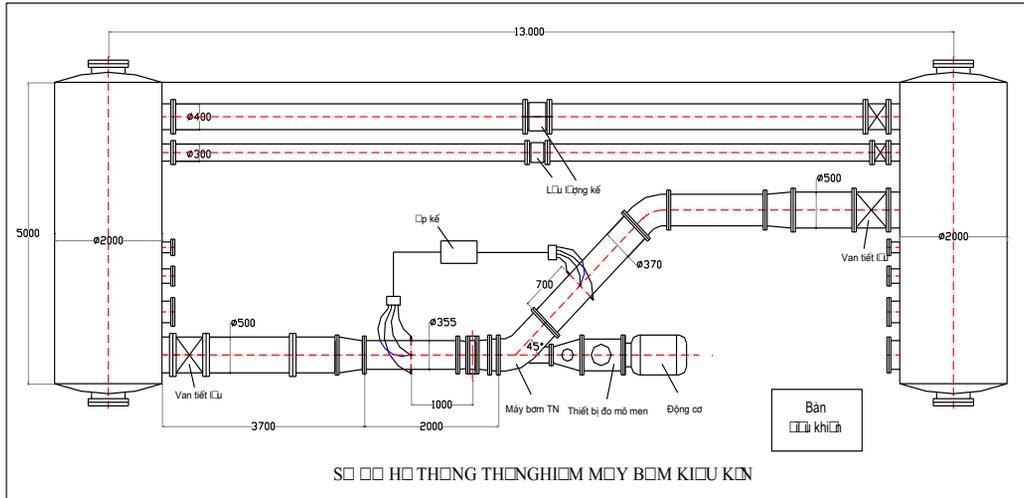
#### 2.2.4. Phương pháp phân tích, xử lý số liệu

Các kết quả thí nghiệm được tổng hợp, phân tích và xử lý để xây dựng được các đường đặc tính chỉ rõ được phạm vi làm việc an toàn và hiệu quả của máy bơm cả về mặt hiệu suất và xâm thực [4, 5, 7, 8, 9].

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Giới thiệu hệ thống thí nghiệm máy bơm kiểu kín

Trong hình dưới đây là sơ đồ hệ thống thí nghiệm máy bơm kiểu kín lắp đặt tại Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi.



Sơ đồ hệ thống thí nghiệm máy bơm kiểu kín



Hệ thống thí nghiệm máy bơm kiểu kín của Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi



Cửa quan sát trên vỏ buồng cầu bánh công tác bơm mô hình

Sau khi chế tạo, bơm mô hình được tiến hành thí nghiệm trên hệ thống thí nghiệm bơm kiểu kín của Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi với đầy đủ các thiết bị đo áp suất, lưu lượng, mô men, vòng quay có dải đo rộng. Các thông số đo được đưa về trung tâm xử lý số liệu để tính toán các thông số cần thiết phục vụ cho việc xây dựng các đường đặc tính năng lượng và đặc tính xâm thực của bơm.

Các thiết bị chính của hệ thống thí nghiệm bao gồm:

#### a/ Thiết bị động lực

Bơm hướng trục mô hình được đặt nằm ngang dẫn động bởi động cơ điện xoay chiều 55 Kw, vòng quay 1500 v/ph (số vòng quay có thể thay đổi bằng bộ biến tần để phù hợp với số vòng quay của bơm thí nghiệm).

Thân bơm tại vị trí bánh công tác có dạng hình cầu để có thể xoay góc cánh công tác khi thí nghiệm. Trên buồng cầu có lắp các cửa trong suốt có thể quan sát dòng chảy trong bơm.

#### b/ Thiết bị đo

Thiết bị đo gồm có:

- Thiết bị đo lưu lượng theo nguyên lý cảm ứng điện từ có độ chính xác  $\pm 0.3\%$ , có thể đo được lưu lượng từ  $0 \div 4500 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Thiết bị đo áp suất có độ chính xác  $\pm 0.1\%$ , có thể đo được áp suất từ  $0 \div 2 \text{ bar}$ . Thiết bị đo mô men có độ chính xác  $\pm 0.1\%$ , có thể đo được mô men từ  $0 \div 1\text{kNm}$ . Thiết bị đo vòng quay có độ chính xác  $\pm 0.1\%$ , có thể đo được số vòng quay từ  $0 \div 10.000 \text{ v/ph}$ .
- Các tín hiệu đo được đưa về trung tâm máy tính để xử lý số liệu bằng chương trình thu thập và xử lý số liệu NEXVIEW (Hãng HBM-CHLB Đức), tính toán các thông số cần thiết để xây dựng đường đặc tính.

#### c/ Hệ thống thu thập và xử lý số liệu

Các tín hiệu đo lường từ các thiết bị đo được đưa về khối xử lý trung tâm. Khối này có chức năng xử lý và hiển thị kết quả đo, bao gồm:

- Bộ thu thập và biến đổi tín hiệu analog ra digital sau đó đưa vào máy tính.

- Card giao tiếp và phần mềm đo lường, xử lý kết quả đo và hiển thị trên màn hình máy tính.

Kết quả các phép đo Q, P, M, n cũng như giá trị của các thông số đã được tính toán khác như H, N, h . . . được hiển thị đồng thời trên màn hình máy tính và được lưu trữ phục vụ cho công tác xử lý sau này.

#### d/. Các thiết bị phụ trợ .

- Hệ thống đường ống và bình chứa
- Các van khí nén gây tải lắp trên các đường ống
- Bơm chân không
- Hệ thống điện, hệ thống điều khiển

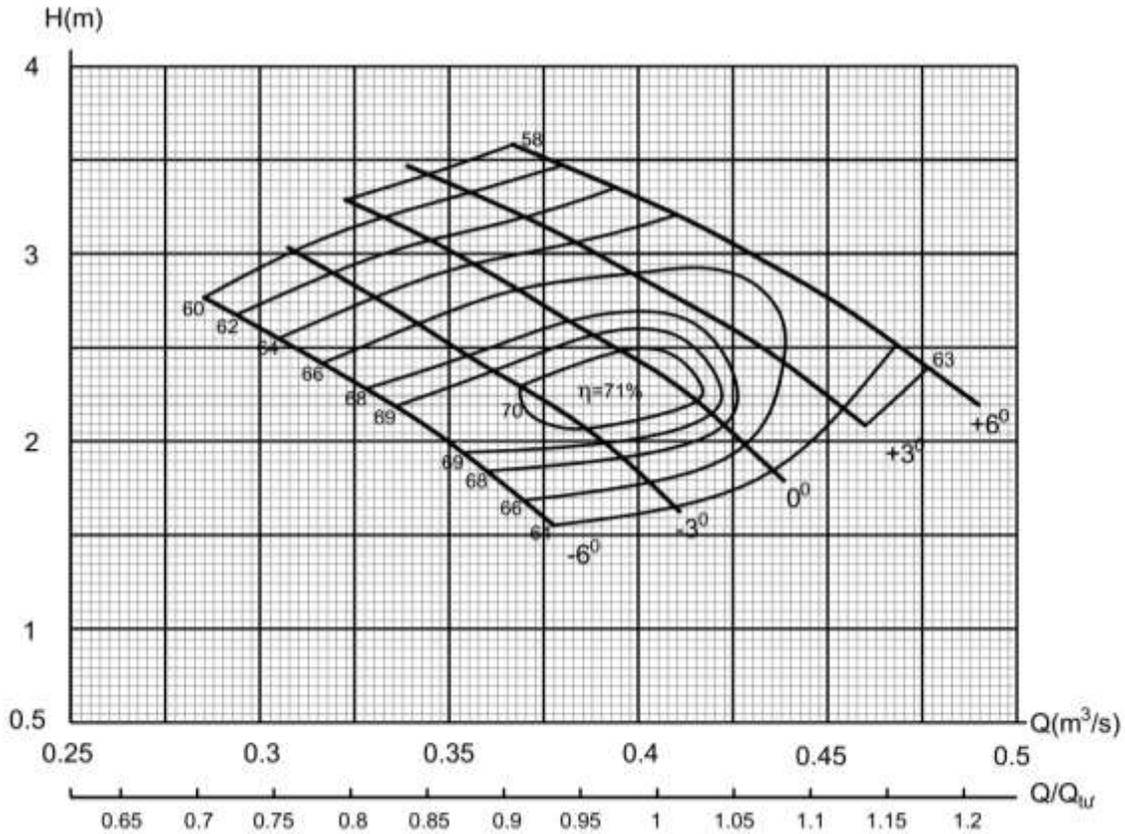
Các số liệu thí nghiệm và các thông số tính toán được xuất thành bảng kết quả đo và tính toán các thông số làm việc của bơm mô hình.

### 3.2. Các kết quả thí nghiệm mở rộng phạm vi làm việc của máy bơm trên hệ thống thí nghiệm kiểu kín

Thông thường máy bơm mô hình thí nghiệm được chế tạo với bánh công tác dạng hình cầu có đường kính  $D=352\text{mm}$ . Toàn bộ chế độ thủy lực dòng chảy của máy bơm được quan sát qua cửa kính trong suốt được chiếu bằng đèn tần số và thể hiện bằng các kết quả đo đặc các thông số máy bơm bằng các thiết bị đo. Do giới hạn của phạm vi xoay cánh không lớn nên việc thí nghiệm thường được tiến hành tại 5 vị trí góc xoay cánh:  $0^0$ ,  $-3^0$ ,  $-6^0$ ,  $+3^0$  và  $+6^0$

Các kết quả nhận được như sau:

- Đặc tính làm việc tổng hợp của máy bơm: Các số liệu thí nghiệm thu được tại các vị trí góc xoay cánh khác nhau được xử lý và cho ta đặc tính làm việc tổng hợp cho tất cả các góc xoay cánh. Hình vẽ dưới đây giới thiệu đặc tính tổng hợp của một máy bơm mô hình có  $n_s \approx 1200$  với  $D_{\text{cầu}}=352\text{mm}$ ;  $n=980\text{v/ph}$  thu được trong quá trình thí nghiệm.



Đặc tính tổng hợp bơm mô hình  $n_s \approx 1200$  với  $D_{cầu}=352mm$ ;  $n=980v/ph$

- Trạng thái xâm thực của máy bơm tại các vị trí góc xoay cánh:

Bằng việc quan sát dòng chảy trong bánh công tác trạng thái xâm thực của máy bơm tại các vị trí góc xoay khác nhau ta lập được bảng sơ đồ

trạng thái xâm thực của máy bơm khi xoay cánh. Hình vẽ dưới đây giới thiệu bảng trạng thái xâm thực của máy bơm mô hình có  $n_s \approx 1200$  với  $D_{cầu}=352mm$ ;  $n=980v/ph$  quan sát được trong quá trình thí nghiệm.

**Bảng thống kê các vùng bị xâm thực khi xoay cánh**

$\bar{Q} = Q/Q_{tur}$	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1	1.05	1.1	1.15	1.2
Góc											
-6 độ	XT	0	0	0	0	0					
-3 độ		XT	XT	0	0	0	0				
0 độ			XT	XT	0	0	0	0	0		
+3 độ				XT	XT	XT	XT	XT	XT	XT	
+6 độ					XT	XT	XT	XT	XT	XT	XT

Một số hình ảnh dòng chảy trong bơm quan sát được khi thí nghiệm xoay cánh:



*Dòng chảy trong buồng bánh công tác khi không xâm thực*



*Dòng chảy trong buồng bánh công tác khi bị xâm thực mạnh*

#### **Nhận xét:**

- Dựa vào đặc tính tổng hợp xây dựng được từ thực nghiệm, nếu không tính đến yếu tố xâm thực, có thể thấy rằng vùng làm việc hiệu suất cao của bơm được mở rộng hơn nhờ xoay cánh. Việc này có ý nghĩa quan trọng giúp cho bơm luôn vận hành ở chế độ tối ưu, tiết kiệm được năng lượng, đem lại hiệu quả cao.
- Việc mở rộng vùng làm việc hiệu suất cao nhờ xoay cánh cần thiết phải xét đến yếu tố xâm thực để xác định rõ trong trường hợp nào cần xoay cánh, và phạm vi xoay cánh đến đâu để đảm bảo an toàn và tuổi thọ cho máy bơm.

Dựa vào bảng khảo sát xâm thực bằng thực nghiệm hoàn toàn có thể quyết định phạm vi vận hành của vùng làm việc mở rộng này.

#### **4. KẾT LUẬN**

Để mở rộng phạm vi làm việc của bơm hướng trục lưu lượng cỡ lớn, việc thay đổi góc xoay cánh là có hiệu quả rõ rệt. Tuy nhiên, việc mở rộng vùng làm việc hiệu suất cao nhờ xoay cánh cần thiết phải xét đến yếu tố xâm thực để xác định rõ trong trường hợp nào cần xoay cánh, và phạm vi xoay cánh đến đâu để đảm bảo an toàn và tuổi thọ cho máy bơm.

Trên thực tế, có những trường hợp khẩn cấp

như bơm chống lũ, bơm tiêu thoát nước ngập úng do triều cường, người ta sẵn sàng chấp nhận vùng làm việc của máy bơm được chọn có thể rơi vào vùng xâm thực miễn là bơm đạt được lưu lượng lớn nhất có thể để đảm bảo bơm tiêu thoát trong thời gian ngắn nhất. Dĩ nhiên, việc chấp nhận vận hành bơm ở chế độ xâm thực cần chú ý: xâm thực đang ở trạng thái nào, ổn định hay không ổn định, quá tải động cơ hay không quá tải, thời gian vận hành dài hay ngắn, mức độ rung động có nằm trong

dải cho phép... rồi mới có thể kết luận là vẫn vận hành được hay không. Khi đó, giá trị số xâm thực tại điểm vận hành được kiểm tra chính là nhờ các kết quả nghiên cứu phải có trước đó đối với mỗi gam bơm.

Hiện nay, hệ thống thí nghiệm máy bơm kiểu kín cùng các chuyên gia trình độ cao của Viện bơm Thiết bị thủy lợi hoàn toàn giải quyết được các bài toán xoay cánh để mở rộng phạm vi làm việc, giúp đem lại hiệu quả cao cho các trạm bơm lắp đặt các bơm hướng trục cỡ lớn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.A. LÔMAKIN, Người dịch: Lê Phú, Lê Duy Tùng, Đặng Xuân Thi (1971), Bơm li tâm và bơm hướng trục, NXB Khoa học kỹ thuật.
- [2] P.G.KIXÊLEP, A.D.ANSUN, N.V.DANHINSENKÔ, A.A.KAXPAXÔN, G.I.KRIPSENKÔ, N.N.PASKOP, X.M.XLIXKI, Người dịch: Lưu Công Đào, Nguyễn Tài (1984), Sổ tay tính toán thủy lực, NXB Nông nghiệp, Hà nội.
- [3] И.А.ЧиНяев (1973), Лопастные Насосы - Справочное Пособие, Ленинград Машиностроение.
- [4] Lê Danh Liên (2014), *Bơm quạt cánh dẫn*, NXB Bách Khoa – Hà Nội.
- [5] Hoàng Thị Bích Ngọc (2012), *Máy thủy khí cánh dẫn Bơm ly tâm và bơm hướng trục- Lý thuyết – tính toán – thiết kế*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [6] Lê Danh Liên (1995), *Hướng dẫn tính toán thiết kế phần dẫn dòng của bơm hướng trục*, Trường ĐHBK Hà Nội.
- [7] Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi (2022), *Các tài liệu kỹ thuật*.
- [8] Lê Danh Liên, Nguyễn Quang Minh, Vũ Đình Hưng, ThS Kiều Tiến Mạnh (2013), *Nghiên cứu thực nghiệm mô hình bơm hướng trục chìm trục ngang tỷ tốc cao ( $n_s=1715v/ph$  và  $2065v/ph$ )*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy lợi - Số 21 - năm 2014.
- [9] Lê Danh Liên, Nguyễn Quang Minh, Đỗ Hồng Vinh, Phan Tuấn Anh (2015), *Nghiên cứu thực nghiệm mô hình bơm hướng trục đứng tỷ tốc cao ( $n_s=1172v/ph$ )*, Viện Bơm và Thiết bị Thủy lợi.