NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT HÌNH THỨC BỐ TRÍ, LẮP ĐẶT MÁY BƠM HƯỚNG TRỤC, CỘT NƯỚC THẤP, KHÔNG ỐNG PHÙ HỢP TRONG CÁC HỆ THỐNG THỦY LỢI NỘI ĐỒNG VÙNG ĐỒNG BẰNG BẮC BỘ

Lưu Văn Quân[1], Nguyễn Tuấn Anh[1,*]

[1] *Trường Đại học Thủy lợi*

[*] *Email: tuananh_ctn@tlu.edu.vn*

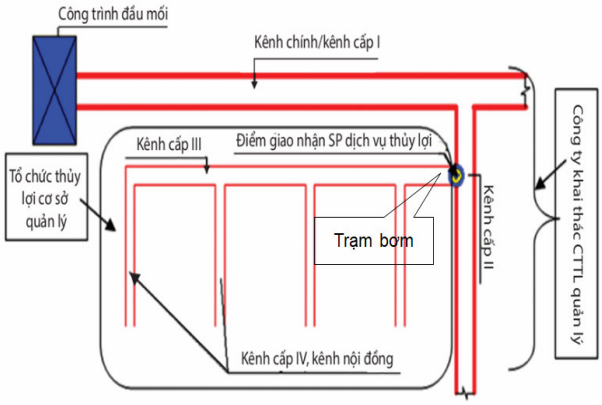
TÓM TẮT

Nghiên cứu đề xuất các hình thức bố trí và lắp đặt máy bơm hướng trục cột nước thấp, không ống phù hợp trong hệ thống thủy lợi nội đồng vùng Đồng bằng Bắc Bộ. Trên cơ sở phân tích điều kiện tự nhiên, đặc điểm hệ thống tưới, tiêu và yêu cầu vận hành, nghiên cứu đề xuất 3 dạng bố trí chính gồm: Lắp đặt trên cánh van, trên kênh và trong nhà máy bơm. Đối với từng dạng, nghiên cứu xác định phạm vi áp dụng, ưu điểm kỹ thuật và các yêu cầu thiết kế chủ yếu. Ba trạm bơm tưới, tiêu nội đồng thuộc xã Yên Mô, tỉnh Ninh Bình được chọn để thí điểm áp dụng giải pháp. Kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc ứng dụng máy bơm cột nước thấp nhằm giảm chi phí đầu tư, tiết kiệm năng lượng và nâng cao hiệu quả khai thác công trình thủy lợi.

Từ khoá: *Cột nước thấp, máy bơm hướng trục, hệ thống thủy lợi nội đồng.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, biến đổi khí hậu và sự hạ thấp mực nước sông mùa kiệt làm gia tăng khó khăn trong việc lấy nước cho các hệ thống thủy lợi nội đồng. Nhiều khu vực trước đây tưới tự chảy phải chuyển sang tưới bằng động lực. Tại nhiều hệ thống thủy lợi nội đồng ở Đồng bằng Bắc Bộ (tỉnh Hưng Yên, Ninh Bình, Thành phố Hà Nội…), các địa phương đã xây dựng thêm nhiều trạm bơm nhỏ hoặc lắp đặt máy bơm dã chiến tại các cống tưới, tiêu tự chảy nhằm tăng cường khả năng cấp nước, tiêu nước phục vụ sản xuất.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thủy lợi nội đồng ở Đồng bằng Bắc Bộ

Do hạn chế về trình độ thiết kế, thi công và chủng loại máy bơm cột nước thấp trên thị trường, nhiều trạm bơm nội đồng sử dụng máy bơm không phù hợp, có cột nước cao hơn yêu cầu, làm tăng tổn thất cột nước địa hình và khiến máy vận hành ở vùng hiệu suất thấp, gây lãng phí điện năng.

Để khắc phục tình trạng trên, cần lựa chọn máy bơm có lưu lượng, cột nước phù hợp và hình thức lắp đặt đơn giản, chi phí thấp. Máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống là một giải pháp phù hợp nhờ kết cấu đơn giản, tổn thất thủy lực nhỏ, hiệu suất khá cao, có thể lắp trên cánh van, trên kênh hoặc trong nhà trạm, thuận lợi cho các công trình thủy lợi nội đồng quy mô nhỏ và vừa.

Trên thế giới đã có một số nghiên cứu ứng dụng bơm cột nước thấp lắp trên cánh van (gate pump) như nghiên cứu của Chen Hui và cs (2024) [1]; Chen Huixiang và cs (2017) [2]; Cheng và cs (2022) [3] bổ sung cơ sở thí nghiệm về hiệu quả, khí thực và an toàn vận hành của bơm hướng trục cột nước rất thấp. Ở Việt Nam, Nguyễn Văn Bày (1999) [4]; Đỗ Hồng Vinh (2025) [5] đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy bơm hướng trục, cột nước thấp; Lê Chí Nguyện (2000) [6]; Lưu Văn Quân (2018) [7] đã tổng kết tình hình sử dụng

máy bơm hướng trục đứng và đề cập khả năng ứng dụng của máy bơm cột nước thấp lắp trên cánh van phục vụ tưới tiêu cho nông nghiệp ở các vùng đồng bằng Việt Nam. Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây chưa hệ thống hóa được các hình thức bố trí, lắp đặt phù hợp với điều kiện thủy lợi nội đồng vùng đồng bằng, nơi diện tích phục vụ thường dưới 300 ha và cột nước yêu cầu chỉ từ 0,5-2,5 m.

Trong năm 2025-2026, "*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống và bố trí công trình trạm phù hợp phục vụ tưới tiêu kết hợp trong hệ thống công trình thủy lợi nội đồng"* [8] đã chế tạo thành công 3 máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống có lưu lượng 1.000, 2.000, 3.000 m³/h, tương ứng với cột nước 1,0; 1,5; 2,0 m. Các thông số này phù hợp với nhiều hệ thống tưới, tiêu nội đồng vùng Đồng bằng Bắc Bộ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc ứng dụng máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống trong các hệ thống thủy lợi nội đồng vùng Đồng bằng Bắc Bộ là phù hợp với đặc điểm địa hình, nguồn nước và yêu cầu vận hành của khu vực.

Để làm cơ sở thiết kế và xây dựng các công trình sử dụng các loại máy bơm trên cũng như các máy bơm tương tự, việc nghiên cứu các hình thức bố trí, lắp đặt phù hợp là cần thiết. Nghiên cứu này tập trung đề xuất các phương án bố trí, lắp đặt máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống đáp ứng điều kiện thực tế của vùng Đồng bằng Bắc Bộ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên tắc lựa chọn hình thức lắp đặt máy bơm, bố trí công trình trạm bơm

Việc lựa chọn hình thức bố trí, lắp đặt máy bơm hướng trục cột nước thấp, không ống trong hệ thống thủy lợi nội đồng cần được thực hiện trên cơ sở xem xét đồng thời các yêu cầu về kỹ thuật, vận hành và hiệu quả kinh tế. Về mặt kỹ thuật, phương án bố trí phải phù hợp với nhiệm vụ của công trình, điều kiện địa hình, địa chất, nguồn nước, cột nước địa hình, lưu lượng thiết kế và đặc điểm hiện trạng của hệ thống kênh, cống, bể hút, bể xả. Hình thức lắp đặt được lựa chọn cần bảo đảm máy bơm làm việc ổn định trong phạm vi cột nước và lưu lượng yêu cầu, dòng chảy vào máy bơm thuận, hạn chế xoáy, khí thực; đồng thời bảo đảm các điều kiện về cao trình đặt máy, cao trình đặt động cơ, an toàn điện, an toàn cơ khí và thuận lợi cho kiểm tra, bảo dưỡng, sửa chữa trong quá trình khai thác. Bên cạnh đó, phương án bố trí cần phù hợp với điều kiện địa chất nền và khả năng chịu lực của các kết cấu hiện có hoặc xây dựng mới. Khi lắp đặt máy bơm tại các công trình nội đồng, cần xem xét ổn định của nền, bờ kênh, mái kênh, trụ cống, cửa van và các kết cấu đỡ máy; kiểm tra ảnh hưởng của tải trọng thiết bị, rung động khi vận hành. Phương án được lựa chọn cũng cần bảo đảm yêu cầu vận hành linh hoạt, phù hợp với năng lực quản lý của các tổ chức thủy lợi cơ sở, dễ thao tác trong điều kiện sản xuất nông nghiệp, có khả năng kết hợp giữa bơm động lực và tự chảy khi điều kiện mực nước cho phép.

Về mặt kinh tế, hình thức bố trí, lắp đặt máy bơm cần được lựa chọn theo nguyên tắc đáp ứng yêu cầu tưới, tiêu hoặc tưới, tiêu kết hợp với tổng chi phí đầu tư, vận hành và bảo trì hợp lý. Cần ưu tiên các phương án tận dụng được công trình, mặt bằng và hạ tầng kỹ thuật hiện có; giảm khối lượng xây dựng mới, giảm chiều dài kênh dẫn, hạn chế tổn thất cột nước không cần thiết và nâng cao hiệu suất làm việc của tổ máy bơm.

2.2. Xác định thông số thiết kế và lựa chọn máy bơm phù hợp

2.2.1. Tính toán các cột nước của trạm bơm

- Cột nước thiết kế, H_{TK}

Cột nước thiết kế của trạm bơm được tính theo công thức: $H_{tk} = h_{dhtk} + \Sigma h_{ms}$. Trong đó: h_{dhtk} là cột nước địa hình thiết kế, được tính $h_{dhtk} = Z_{bxtk} - Z_{bhtk}$; Σh_{ms} là tổn thất trên đường ống hút và ống đẩy của máy bơm. Vì máy bơm không có ống hút và ống đẩy rất ngắn nên có thể chọn Σh_{ms} từ 0,1- 0,2 m; Z_{bxtk}, Z_{bhtk} là mực nước bể xả, bể hút thiết kế tương ứng. Khi trạm bơm lắp đặt trên hệ thống kênh hút và kênh xả đã sẵn có thì người thiết kế chọn dựa trên mực nước làm việc trong kênh. Trường hợp xây dựng mới trạm bơm xây mới thì căn cứ theo tiêu chuẩn thiết kế trạm bơm tưới tiêu hiện hành.

- Cột nước lớn nhất trong trường hợp kiểm tra

Cột nước lớn nhất của trạm bơm được tính theo công thức: $H_{maxtk} = h_{dhmax} + \Sigma h_{ms}$. Trong đó: h_{dhmax} là cột nước địa hình lớn nhất, được tính

$h_{dhmax} = Z_{bxmax} - Z_{bhmin}$; Z_{bxmax}, Z_{bhmin} là mực nước bể xả lớn nhất, bể hút nhỏ nhất. Khi trạm bơm lắp đặt trên hệ thống kênh hút và kênh xả đã sẵn có thì mực nước bể xả lớn nhất lấy bằng giá trị mực nước lớn nhất trong kênh xả và mực nước bể hút nhỏ nhất là mực nước nhỏ nhất máy bơm có thể làm việc trên kênh hút. Trường hợp xây dựng mới trạm bơm xây mới thì căn cứ theo tiêu chuẩn thiết kế trạm bơm tưới tiêu hiện hành.

- Cột nước nhỏ nhất trong trường hợp kiểm tra

Cột nước nhỏ nhất của trạm bơm được tính theo công thức: $H_{min} = h_{dhmin} + \Sigma h_{ms}$. Trong đó: h_{dhmin} là cột nước địa hình nhỏ nhất, được tính $h_{dhmin} = Z_{bxmin} - Z_{bhmax}$; Z_{bxmin}, Z_{bhmax} là mực nước bể xả nhỏ nhất, bể hút lớn nhất. Khi trạm bơm lắp đặt trên hệ thống kênh hút và kênh xả đã sẵn có thì mực nước bể xả nhỏ nhất lấy bằng giá trị mực nước nhỏ nhất trong kênh xả và mực nước bể hút lớn là mực nước lớn nhất khi thiết kế kênh hút. Trường hợp xây dựng mới trạm bơm xây mới thì căn cứ theo tiêu chuẩn thiết kế trạm bơm tưới tiêu hiện hành.

2.2.2. Chọn máy bơm, động cơ kéo máy bơm

- Chọn máy bơm

Hệ thống thủy lợi nội đồng ở Đồng bằng Bắc Bộ thường có quy mô nhỏ với diện tích thường dưới 300 ha, vì vậy lưu lượng thiết kế của các trạm bơm tưới, tiêu thường nhỏ hơn 1,0 m^3/s, số máy bơm nên chọn từ 1-2 máy bơm. Lưu lượng thiết kế một máy bơm, $Q_{1m} = Q_{trạm}$/số máy bơm.

Căn cứ vào lưu lượng thiết kế của một máy bơm và cột nước thiết kế, kiểm tra của trạm bơm và biểu đồ sản phẩm máy bơm (phạm vi làm việc về lưu lượng và cột nước của máy bơm) để chọn máy bơm. Máy bơm được chọn phải đảm bảo bơm được với lưu lượng, cột nước yêu cầu và làm việc trong vùng hiệu suất cao.

- Chọn động cơ kéo máy bơm

Động cơ được chọn phải đảm bảo về tốc độ quay, công suất của máy bơm. Công suất thực tế mà động cơ phải làm việc trong mọi trường hợp phải nhỏ hơn công suất định mức của động cơ.

2.3. Tính kích thước công trình trạm lắp đặt máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống

2.3.1. Trường hợp bố trí máy bơm trên cánh van

Cao trình miệng ống hút tính theo công thức: $Z_{moh} = Z_{bhmin} - h_2$. Trong đó: h_2 là khoảng cách từ miệng ống hút đến cao trình mực nước bể hút thấp nhất, $h_2 = (0,9\text{-}1,3).D_v$; D_v là đường kính miệng vào máy bơm.

Cao trình đáy buồng hút tính theo công thức: $Z_{dbh} = Z_{bhmin} - h_2 - h_1$. Trong đó: h_1 là khoảng cách từ miệng vào máy bơm đến đáy buồng hút, $h_1 = 0,6.D_v$. Chiều dài khoang hút, $L = 4.D_v$.

Chiều rộng khoang hút (chiều rộng cống tại vị trí đặt máy bơm): $B \geq 2,5.\ D_v$; nếu chiều rộng của cống/cánh van $B_c < 2,5\ D_v$ thì cần mở rộng cống/van tại vị trí đặt bơm để thỏa mãn điều kiện này.

Cao trình đặt động cơ (cao trình mặt dưới của động cơ): $Z_{đc} = Z_{bhmax} + a$. Trong đó: a là chiều cao an toàn, chọn a=0,3~0,4 m, cao trình này thường lấy bằng cao trình đỉnh trụ pin của cống sẵn có.

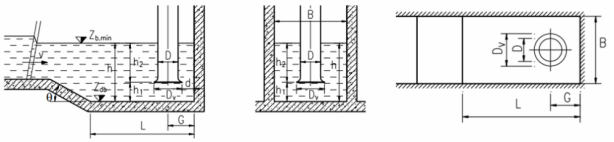
Thiết kế cửa van và giàn đóng mở van theo các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành liên quan.

2.3.2. Trường hợp bố trí máy bơm trên kênh tưới, kênh tiêu

Việc xác định cao trình miệng hút, đáy buồng hút, cao trình đặt động cơ, các kích thước buồng hút xác định tương tự như đối với trường hợp máy bơm đặt trên cánh van.

2.3.3. Trường hợp bố trí máy bơm trong nhà máy

Loại máy bơm hướng trục đứng, cột nước thấp chỉ phù hợp với kiểu nhà máy bơm buồng ướt máy đặt chìm với các thông số được trình bày ở hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tính toán buồng ướt

Các kích thước chiều cao, chiều rộng, chiều dài nhà máy tính theo tiêu chuẩn thiết kế trạm bơm tưới, tiêu hiện hành.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đề xuất các hình thức bố trí lắp đặt máy bơm phù hợp

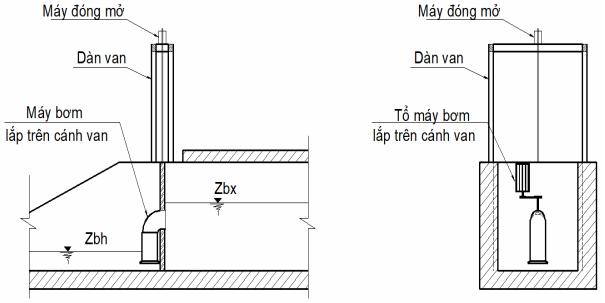
Các loại máy bơm hướng trục, cột nước thấp có điều kiện áp dụng chung là đặc điểm địa hình vùng đồng bằng, dao động động mực nước nguồn nhỏ hơn 3,0 m, nếu xây dựng mới trên nền địa chất yếu cần gia cố bằng móng cọc và các yêu cầu riêng phù hợp cho từng loại hình lắp đặt. Căn

cứ đặc điểm địa hình, nguồn nước, địa chất, đặc điểm hệ thống kênh tưới, tiêu hiện trạng và yêu cầu vận hành của các hệ thống thủy lợi nội đồng vùng Đồng bằng Bắc Bộ, các hình thức bố trí, lắp đặt máy bơm được đề xuất như sau:

3.1.1. Bố trí máy bơm trên cánh van

- Trường hợp sử dụng máy bơm phục vụ tưới hoặc tiêu

Cống đầu mối trên hệ thống tưới hoặc tiêu nội đồng có nhiệm vụ làm việc độc lập tưới hoặc tiêu nên công trình trạm bơm chỉ có thể làm việc một chiều, máy bơm lắp cố định vào cánh van như hình 3. Với loại hình này, có thể lắp máy bơm vào cánh van của cống hiện có hoặc xây dựng mới công trình và cánh van kết hợp máy bơm. Trường hợp có tưới hoặc tiêu tự chảy qua cống thì cần bố trí dàn van và máy đóng mở để nâng cửa van có máy bơm lên cao khi cần tưới hoặc tiêu tự chảy. Trường hợp không có tưới hoặc tiêu tự chảy thì cửa van có thể lắp cố định và chỉ tháo lắp khi cần bảo dưỡng, sửa chữa thì không cần dàn van và máy đóng mở. Kết cấu cửa van có lắp đặt máy bơm cần phải chế tạo bằng thép, liên kết giữa máy bơm và động cơ với cửa van cần chắc chắn nhằm chống lắc, rung động gây ảnh hưởng xấu đến kết cấu thủy công, giảm tuổi thọ công trình và giảm hiệu suất của máy bơm.



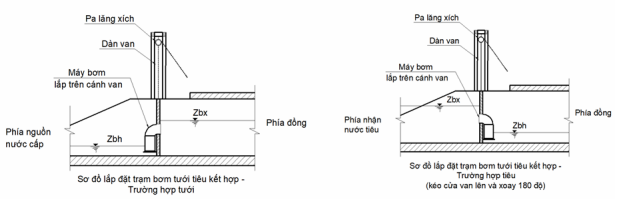
Hình 3. Sơ đồ lắp đặt máy bơm cột nước thấp trên cánh cống phục vụ tưới hoặc tiêu

Khi cải tạo cống và cửa van hiện có để lắp thêm máy bơm thì cần gia cường cửa van đảm bảo chịu lực khi máy bơm làm việc, máy đóng mở có thể phải thay thế loại máy có đủ lực kéo cả cửa và máy bơm cùng động cơ lắp trên đó. Điều kiện áp dụng là: Sử dụng máy bơm có khối lượng nhỏ, có lưu lượng Q=1.000-2.000 m^3/h, nhiệm vụ yêu cầu kết hợp với cống tưới, tiêu tự chảy, ưu tiên tại vị trí có sẵn cống tự chảy.

- Trường hợp máy bơm phục vụ tưới tiêu kết hợp

Cống đầu mối trên hệ thống tưới tiêu kết hợp trong nội đồng có đồng thời hai nhiệm vụ tưới và tiêu nên công trình trạm bơm phải làm việc hai chiều, khi máy bơm lắp cố định vào cánh van như hình 4. Với loại hình này, có thể lắp máy bơm vào cánh van của cống hiện có hoặc xây dựng mới công trình và cánh van kết hợp máy bơm.

Với loại hình bố trí máy bơm trên cửa van cho nhiệm vụ tưới, tiêu kết hợp, yêu cầu công trình thủy công đảm bảo thuận lợi cho thao tác kéo cửa van đã gắn máy bơm và động cơ, xoay 180° để thay đổi nhiệm vụ tưới sang tiêu và ngược lại. Khi tưới hoặc tiêu tự chảy chỉ cần nâng cửa van lên cao và giữ ở vị trí cửa van ở trạng thái treo. Ngoài ra, không để dây cung cấp điện cho động cơ bị vặn xoắn làm hư hỏng cáp, rò điện gây mất an toàn lao động và chập cháy thiết bị.

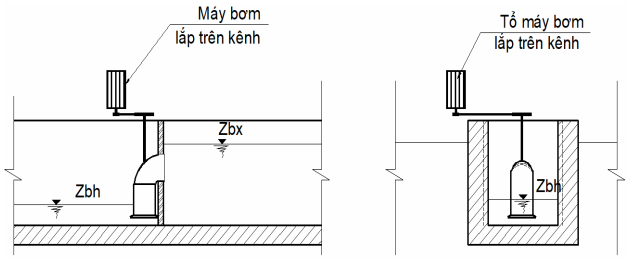


Hình 4. Sơ đồ lắp đặt máy bơm cột nước thấp trên cánh cống phục vụ tưới tiêu kết hợp

Điều kiện áp dụng là: Lưu lượng máy bơm, Q=1.000-2.000 m^3/h; nhiệm vụ yêu cầu tưới tiêu kết hợp; yêu cầu kết hợp với cống tưới, tiêu tự chảy, ưu tiên tại vị trí có sẵn cống tự chảy.

3.1.2. Bố trí máy bơm trên kênh tưới, kênh tiêu

- Trường hợp máy bơm phục vụ tưới hoặc tiêu



Hình 5. Sơ đồ lắp đặt máy bơm cột nước thấp trên kênh phục vụ tưới hoặc tiêu

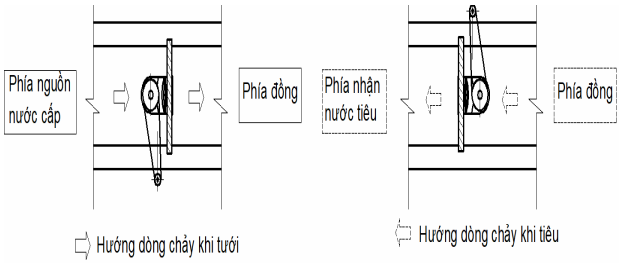
Kênh trong hệ thống tưới hoặc tiêu nội đồng có nhiệm vụ độc lập tưới hoặc tiêu nên công trình trạm bơm chỉ có thể làm việc một chiều, máy bơm lắp cố định kênh như hình 5. Với loại hình này, có thể lắp máy bơm vào kênh hiện có hoặc

xây dựng mới kênh kết hợp máy bơm cột nước thấp như hình minh họa ở hình 5.

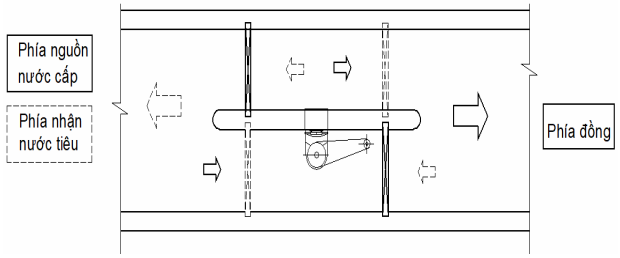
Trường hợp có tưới hoặc tiêu tự chảy, cần bố trí thiết bị nâng hạ cố định hoặc di động để nâng máy bơm lên cao khi cần tưới hoặc tiêu tự chảy. Trường hợp không có tưới hoặc tiêu tự chảy, lắp cố định và chỉ tháo lắp khi cần bảo dưỡng, sửa chữa.

- Trường hợp máy bơm phục vụ tưới tiêu kết hợp

Đối với hệ thống tưới, tiêu kết hợp, trạm bơm phải kết hợp được cả nhiệm vụ tưới và tiêu. Khi đó máy bơm có thể được bố trí mặt bằng như hình 6 và 7. Trường hợp bố trí máy bơm di động, khi cần thay đổi nhiệm vụ từ tưới sang tiêu (hoặc ngược lại) thì tiến hành tháo và lắp đặt máy bơm xoay chiều ngược lại. Với loại hình này, có thể lắp máy bơm vào kênh hiện có hoặc xây dựng mới công trình kết hợp máy bơm.



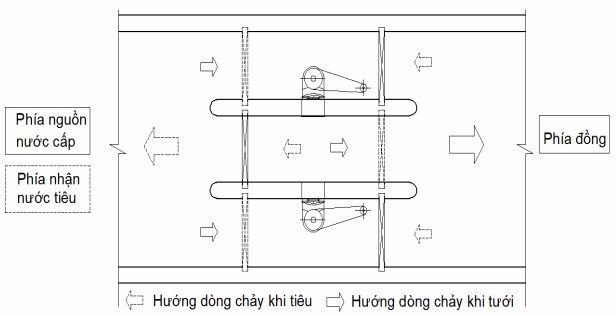
Hình 6. Sơ đồ mặt bằng lắp đặt 01 máy bơm cột nước thấp trên kênh tưới, tiêu kết hợp (di động)



Hình 7. Sơ đồ mặt bằng lắp đặt 01 máy bơm cột nước thấp trên kênh tưới, tiêu kết hợp (cố định)

Trường hợp lắp đặt 1 máy bơm cố định (Hình 7), việc chuyển nhiệm vụ tưới sang tiêu và ngược lại được thực hiện qua đóng mở các cửa điều tiết.

Khi yêu cầu lưu lượng tưới, tiêu lớn, cần lắp nhiều máy bơm (≥02 máy), nên bố trí mặt bằng như hình 8, các máy bơm được lắp đặt cố định. Vận hành tưới, tiêu kết hợp thông qua đóng mở các cống. Điều kiện áp dụng: Lưu lượng máy bơm, Q=1.000-2.000 m^3/h; nhiệm vụ của trạm bơm là tưới, tiêu kết hợp.



Hình 8. Sơ đồ mặt bằng lắp đặt 02 máy bơm cột nước thấp trên kênh tưới tiêu kết hợp

3.1.3. Bố trí máy bơm trong nhà máy

- Trạm bơm tưới hoặc tiêu

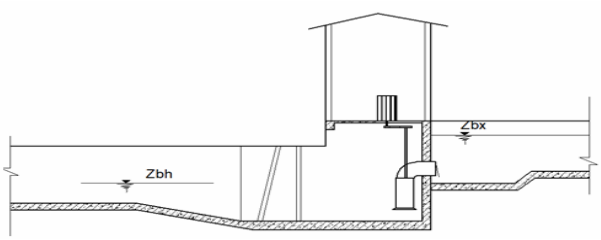
Trong hệ thống tưới hoặc tiêu nội đồng có nhiệm vụ độc lập tưới hoặc tiêu nên công trình trạm bơm chỉ có thể làm việc một chiều, máy bơm lắp cố định như hình 9. Máy bơm lắp trong nhà máy cố định, được bảo vệ trước các hiện thượng bất thường của thời tiết như mưa to, gió bão... dễ gây hư hỏng thiết bị máy bơm, động cơ và đặc biệt thiết bị điện. Do kết cấu nhà trạm giữ chặt các thiết bị máy bơm và động cơ làm giảm rung động, giảm lắc lư pu li truyền lực, duy trì tốt độ căng của dây cua roa và dây không bị nóng do nắng chiếu trực tiếp trong mùa hè, nhiệt độ trong nhà trạm duy trì ổn định hơn ngoài trời nên mỡ bôi trơn ít bị tiêu hao và ma sát tại các ổ trục giảm khiến tăng hiệu suất của tổ máy bơm và tăng tuổi thọ công trình.

Công tác quản lý tài sản máy bơm, động cơ, thiết bị điện sẽ tốt hơn khi có nhà trạm bơm. Công tác vận hành chủ động trong mọi thời tiết mưa to, gió lớn vẫn đảm bảo an toàn. Ngoài ra, nhà trạm cung cấp nơi nghỉ ngơi cho cán bộ trong quá trình theo dõi vận hành.

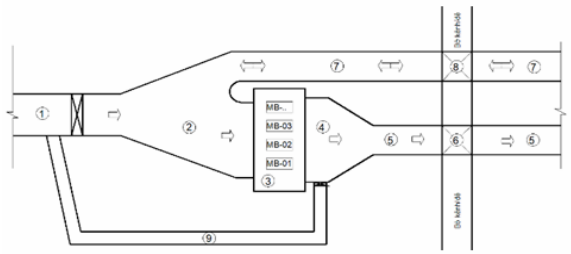
Điều kiện áp dụng: Lưu lượng máy bơm, Q≥2.000 m^3/h; nhiệm vụ trạm bơm là tưới hoặc tiêu; ưu tiên tận dụng các kênh sẵn có.

- Trạm bơm tưới tiêu kết hợp

Trường hợp này máy bơm được lắp đặt trong nhà tương tự như trường hợp của trạm bơm tưới hoặc tiêu. Tuy nhiên, cần bố trí công trình nối tiếp (kênh dẫn, cống) đảm bảo yêu cầu tưới, tiêu kết hợp, được mô tả trong hình 10.



Hình 9. Sơ đồ lắp đặt máy bơm cột nước



Hình 10. Sơ đồ mặt bằng lắp đặt máy bơm

Điều kiện áp dụng: Lưu lượng máy bơm, Q≥2.000 m^3/h; nhiệm vụ yêu cầu tưới, tiêu kết hợp; có đủ diện tích mặt bằng để bố trí trạm bơm.

Tóm lại, 3 hình thức bố trí được đề xuất trong nghiên cứu, gồm: Bố trí máy bơm trên cánh van, bố trí trên kênh tưới hoặc kênh tiêu và bố trí trong nhà máy bơm, đã bao quát được các trường hợp tương đối phổ biến trong thực tế thủy lợi nội đồng. Hình thức bố trí trên cánh van có ưu điểm là tận dụng được cống điều tiết hiện có, phù hợp với những vị trí cần kết hợp giữa tự chảy và bơm động lực. Hình thức bố trí trên kênh có tính linh hoạt cao, kết cấu đơn giản, thuận lợi cho các công trình cải tạo hoặc xây dựng mới trên tuyến kênh. Trong khi đó, hình thức bố trí trong nhà máy bơm phù hợp với các công trình có yêu cầu vận hành ổn định, lâu dài, cần bảo vệ tốt hơn đối với máy bơm, động cơ và thiết bị điện. Việc phân chia các hình thức bố trí theo đặc điểm công trình và yêu cầu vận hành giúp người thiết kế có cơ sở lựa chọn phương án phù hợp, tránh áp dụng một kiểu bố trí duy nhất cho mọi điều kiện thực tế.

3.2. Áp dụng cho 3 trạm bơm điển hình ở Đồng bằng Bắc Bộ

Áp dụng các hình thức bố trí, lắp đặt máy bơm được đề xuất cho 3 trạm bơm tại xã Yên Mô, tỉnh Ninh Bình, đại diện cho cho vực tỉnh Ninh Bình thuộc Đồng bằng Bắc Bộ. Kết quả tính toán, lựa chọn hình thức được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Số máy, loại máy và hình thức bố trí máy bơm

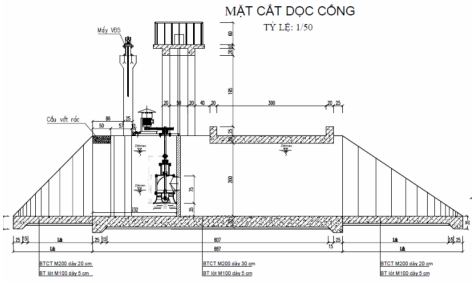
Tên trạm bơm	Hệ số tưới, tiêu (l/s/ha)	Diện tích (ha)	Lưu lượng (m^3/h)	Cột nước thiết kế (m)	Số máy và loại máy	Hình thức bố trí đề xuất
Sông Bút	1,25 (tưới)	221	994,5	0,95	01 máy loại Q=1.000 m^3/h, H=0,8-1,0 m	Trên cánh van hoặc trên kênh
Xóm Vạn	6,0 (tiêu)	94,5	2041	1,45	01 máy loại Q=2.000 m^3/h, H=1,3-1,6 m	Trên cánh van hoặc trên kênh
Xóm Ngoài	6,5 (tiêu)	130	3042	2,1	01 máy loại Q=3.000 m^3/h, H=1,8-2,3 m	Trên kênh hoặc trong nhà

Bảng 2. Cao trình, kích thước công trình trạm

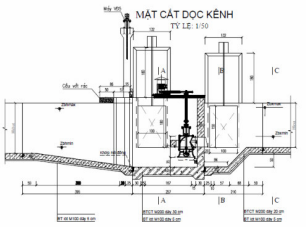
Các thông số	Trạm bơm Sông Bút	Trạm bơm Xóm Vạn	Trạm bơm Xóm Ngoài
Mực nước bể hút thiết kế, Z_{bhtk} (chọn $Z_{bhtk} = Z_{bhmin}$)	0,50	0,55	0,70
Mực nước bể xả thiết kế, Z_{bxtk}	1,35	1,90	2,70
Mực nước bể hút lớn nhất, Z_{bhmax}	1,30	1,7	2,20
Mực nước bể xả lớn nhất, Z_{bxmax}	1,55	2,15	2,8
Cao trình sàn động cơ, $Z_{động\ cơ}$	1,70	2,10	2,60
Đường kính miệng vào máy bơm, D_v	0,580	0,680	0,790
Khoảng cách từ đáy bể đến miệng hút, h_1	0,35	0,41	0,47
Khoảng cách từ miệng hút đến Z_{bhmin}, h_2	0,75	0,88	1,03
Cao trình đáy buồng hút, $Z_{đbh}$	-0,60	-0,74	-0,80
Chiều dài buồng hút, L	2,32	2,72	3,16
Chiều rộng buồng hút, B	1,45	1,70	1,98

Thiết lập các bản vẽ thiết kế mẫu công trình trạm:

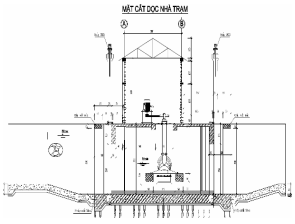
Dựa trên các thông số thiết kế đã được xác định ở trên, đã nghiên cứu thiết lập các bản vẽ thiết kế mẫu, gồm: Bản vẽ cắt dọc, mặt bằng, cắt ngang công trình bố trí máy bơm cho các trường hợp bố trí. Một số bản vẽ điển hình được thể hiện trong hình 11, 12 và 13.



Hình 11. Bản vẽ thiết kế công trình, trường hợp lắp máy bơm trên cánh van



Hình 12. Bản vẽ thiết kế công trình, trường hợp lắp máy bơm trên kênh



Hình 13. Bản vẽ thiết kế công trình, trường hợp lắp máy bơm trong nhà máy

Kết quả áp dụng cho 3 trạm bơm điển hình tại xã Yên Mô, tỉnh Ninh Bình cho thấy, các thông số lưu lượng và cột nước của các công trình được lựa chọn nằm trong phạm vi làm việc phù hợp của các loại máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống đã đề xuất. Trạm bơm có lưu lượng nhỏ, cột nước thấp có thể ưu tiên bố trí trên cánh van hoặc trên kênh để giảm khối lượng xây dựng; trong khi công trình có lưu lượng và cột nước lớn hơn có thể xem xét bố trí trên kênh hoặc trong nhà máy bơm để bảo đảm ổn định và an toàn vận hành. Các thông số tính toán về cao trình đặt máy, cao trình đáy buồng hút, chiều dài và chiều rộng buồng hút cho thấy, có thể xây dựng được các mẫu bố trí công trình tương đối đơn giản, phù hợp với điều kiện xây dựng và quản lý của các tổ chức thủy lợi cơ sở.

So với kết quả nghiên cứu của Lưu Văn Quân (2018) [7], Đỗ Hồng Vinh (2025) [5], điểm mới của nghiên cứu này là tập trung vào bài toán bố trí, lắp đặt và tích hợp máy bơm vào công trình thủy lợi nội đồng. Các nghiên cứu quốc tế về bơm lắp trên cánh cống hoặc bơm cột nước thấp thường đi sâu vào mô phỏng thủy lực, tối ưu hóa dòng chảy, đánh giá khí thực hoặc đặc tính làm việc của thiết bị. Trong khi đó, nghiên cứu này tiếp cận theo hướng ứng dụng máy bơm hướng trục, cột nước thấp vào công trình thủy lợi nội đồng, tức là xem xét máy bơm như một bộ phận của hệ thống công trình tưới, tiêu. Hướng nghiên cứu này đáp ứng yêu cầu thực tế của các hệ thống thủy lợi nội đồng ở Đồng bằng Bắc Bộ hiện nay, nơi hạn chế lớn nhất không chỉ là lựa chọn máy bơm mà còn là lựa chọn hình thức bố trí sao cho đơn giản, kinh tế, dễ thi công và dễ vận hành.

4. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống trong các hệ thống thủy lợi nội đồng vùng Đồng bằng Bắc Bộ là phù hợp với đặc điểm địa hình, nguồn nước và yêu cầu vận hành của khu vực.

Ba hình thức bố trí được đề xuất gồm: Bố trí trên cánh van, trên kênh và trong nhà máy bơm bao quát các tình huống phổ biến, giúp lựa chọn phương án phù hợp theo điều kiện công trình và yêu cầu vận hành.

Kết quả áp dụng cho 3 trạm bơm điển hình tại xã Yên Mô, tỉnh Ninh Bình cho thấy, các phương án đề xuất đáp ứng yêu cầu về lưu lượng, cột nước và có thể xây dựng các mẫu bố trí đơn giản, phù hợp điều kiện quản lý.

Kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc ứng dụng máy bơm cột nước thấp nhằm giảm chi phí đầu tư, tiết kiệm năng lượng và nâng cao hiệu quả khai thác công trình thủy lợi.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của Đề tài:"Nghiên cứu ứng dụng công nghệ máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống và bố trí công trình trạm phù hợp phục vụ tưới tiêu kết hợp trong hệ thống công trình thủy lợi nội đồng" do Bộ Nông nghiệp và Môi trường quản lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Chen Hui *et al.* (2024). Research on the application of integrated gate station in farmland

drainage. *China Rural Water and Hydropower*, *10*, 248-252. DOI: 10,12396/znsd, 240110.

[2]. Chen Huixiang, Zheng Yuan, Zhou Daqing, Shen Pingfei, Liu Huiwen (2017). Design and development of an eco-gate pump installation based on computational fluid dynamics. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 231*(14), 2636-2649. DOI: 10,1177/0954406216638882.

[3]. Cheng K, *et al.* (2022). Experiment on influence of blade angle on hydraulic characteristics of the shaft tubular pumping device. *Processes, 10*(3), 590. DOI: 10,3390/ pr10030590.

[4]. Nguyễn Văn Bày (1999). *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và lắp đặt máy bơm hướng trục đứng tỉ tốc cao. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.*

[5]. Đỗ Hồng Vinh (2025). *Nghiên cứu giải pháp và công nghệ xây dựng trạm bơm hướng trục lưu lượng lớn, cột nước thấp phục vụ cấp thoát nước kịp thời, hiệu quả cho vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và Môi trường.*

[6]. Lê Chí Nguyện (2000). *Tổng kết kỹ thuật trạm bơm lắp máy bơm trục đứng loại vừa và lớn. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.*

[7]. Lưu Văn Quân (2018). Nghiên cứu đánh giá hiệu quả đầu tư và năng lượng điện tiêu thụ của loại máy bơm cột nước thấp đã lắp đặt trên địa bàn tỉnh Hưng Yên. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, *61,* 84-90.

[8]. Nguyễn Tuấn Anh (2026). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ máy bơm hướng trục, cột nước thấp, không ống và bố trí công trình trạm phù hợp phục vụ tưới tiêu kết hợp trong hệ thống công trình thủy lợi nội đồng. Báo cáo kết quả thực hiện đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và Môi trường.*

RESEARCH ON PROPOSING SUITABLE LAYOUT AND INSTALLATION ARRANGEMENTS FOR LOW-HEAD, TUBELESS AXIAL-FLOW PUMPS IN ON-FARM IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS IN THE NORTHERN DELTA OF VIETNAM

Luu Van Quan[1], Nguyen Tuan Anh[1]

[1] Thuyloi University

Abstract

The paper proposes suitable layout and installation arrangements for low-head, tubeless axial-flow pumps in on-farm irrigation and drainage systems in the Northern Delta of Vietnam. Based on an analysis of natural conditions, the characteristics of irrigation and drainage systems and operational requirements, the study proposes three main installation arrangements: Installation on gate (gatepump), installation on canals and installation in pumping stations. For each arrangement, the study identifies its scope of application, technical advantages and key design requirements. Three on-farm irrigation and drainage pumping stations in Yen Mo commune, Ninh Binh province, were selected for pilot application of the proposed solution. The research results contribute to strengthening the scientific basis for applying low-head pumps to reduce investment costs, save energy and improve the operational efficiency of hydraulic works.

Keywords: *Low head, axial-flow pump, on-farm irrigation and drainage system.*

Ngày nhận bài: 16/6/2026

Ngày chuyển phản biện: 02/7/2026

Ngày thông qua phản biện: 08/8/2026

Ngày duyệt đăng: 30/9/2026