

MỘT PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CAO TRÌNH ĐÁY CỐNG XẢ CỦA TRẠM BƠM TIÊU

Nguyễn Tuấn Anh¹

Đỗ Minh Thu²

Tóm tắt: Bài báo này giới thiệu một phương pháp xác định cao trình đáy cống xả của trạm bơm tiêu dựa trên lý thuyết phân tích hệ thống và tối ưu hóa. Trong phương pháp này, hàm mục tiêu được chọn là tổng chi phí xây dựng và quản lý quy về năm đầu nhỏ nhất. Phương pháp đã được áp dụng cho một trạm bơm cụ thể trong thực tế và cho kết quả đáng tin cậy. Phương pháp tính toán này nên được áp dụng trong công tác thiết kế các trạm bơm tiêu nước mưa ra sông, đặc biệt là các trạm bơm mà ở đó lũ ngoài sông không trùng tần suất xuất hiện với mưa trong đồng.

Từ khóa: trạm bơm tiêu, bể tháo, cống xả, tối ưu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thực tế, những trạm bơm tiêu nước ra sông bố trí ngay sát đê thường có bể tháo liền với cống xả qua đê, ví dụ như: trạm bơm tiêu Đông Mỹ, Thanh Trì, Hà Nội; trạm bơm tiêu Thạch Quã, Đông Anh, Hà Nội; trạm bơm tiêu Phù Đổng, Gia Lâm, Hà Nội,...

Hiện nay, khi thiết kế các trạm bơm tiêu nước ra sông mà bể tháo bố trí liền cống xả qua đê thì việc xác định cao trình đáy cống xả qua đê còn theo ý chủ quan của người thiết kế vì đến nay vẫn chưa có một quy định hay hướng dẫn cụ thể nào về vấn đề này. Như đã biết, mực nước nhỏ nhất trong bể tháo (Z_{bt}^{min}), cao trình đáy bể tháo (Z_{db}) và chiều cao bể tháo (H_{bt}) phụ

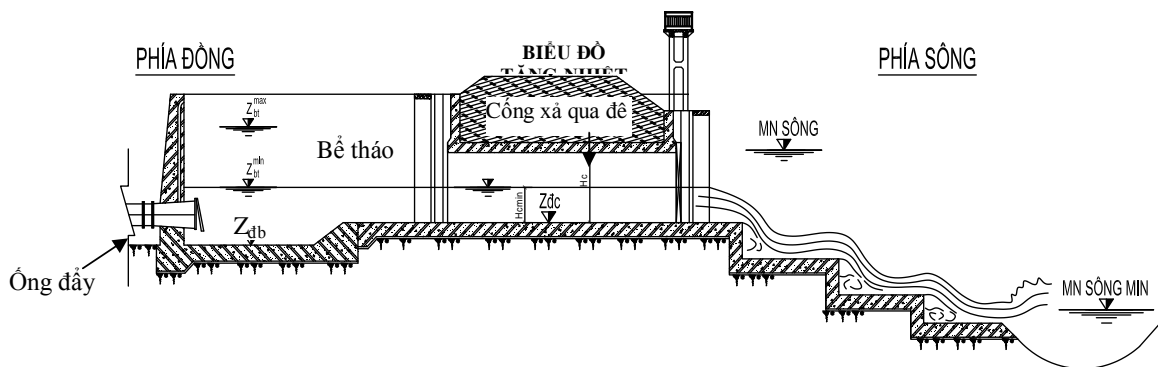
thuộc vào cao trình đáy cống xả ở cửa vào (Z_{dc}) theo các công thức sau:

$$Z_{bt}^{min} = Z_{dc} + H_{c-min} + h_{tt} \quad (1)$$

$$Z_{db} = Z_{bt}^{min} - h_{ngmin} - D_o - P \quad (2)$$

$$H_{bt} = Z_{bt}^{max} + a - Z_{db} \quad (3)$$

Trong đó: H_{c-min} là chiều sâu nước trong cống nhỏ nhất ứng với lưu lượng bơm nhỏ nhất; h_{tt} là tổn thất thủy lực ở cửa vào cống, có thể bỏ qua; h_{ngmin} là độ sâu ngập nhỏ nhất của mép trên miệng ra của ống đáy dưới mực nước thấp nhất ở bể tháo; D_o là đường kính miệng ra của ống đáy; P là khoảng cách từ mép dưới miệng ra ống đáy đến đáy bể tháo; Z_{bt}^{max} là mực nước lớn nhất ở bể tháo; a là chiều cao an toàn.



Hình 1. Sơ đồ bể tháo xây liền cống xả qua đê

Khi thiết kế, nếu chọn cao trình đáy cống xả qua đê cao thì trong quá trình vận hành, nhiều khi do mưa trong đồng và mực nước lũ ngoài sông không cùng tần suất xuất hiện nên mực nước trong bể tháo có thể cao hơn nhiều

¹ Đại học Thủy lợi

² Cao đẳng Thủy lợi Bắc Bộ

mực nước ngoài sông (xem hình 1), điều này cho thấy việc lãng phí năng lượng bơm. Ngược lại, nếu chọn cao trình đáy cống xả qua đê thấp thì dẫn đến cao trình đáy bể tháo thấp, chiều cao bể tháo lớn và cống xả phải đặt sâu, do đó có thể làm tăng chi phí xây dựng công trình.

Vấn đề đặt ra trong thiết kế công trình tháo (bể tháo và cống xả) của các trạm bơm tiêu như vậy là cần xác định một giá trị cao trình đáy cống xả tối ưu đảm bảo các điều kiện kinh tế và kỹ thuật.

Bài báo này giới thiệu một phương pháp xác định cao trình đáy cống xả của trạm bơm tiêu nước ra sông qua ứng dụng lý thuyết phân tích hệ thống và tối ưu hóa vào bài toán thiết kế. Phương pháp sẽ được ứng dụng cho một trạm bơm cụ thể trong thực tế.

2. CÔNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Áp dụng lý thuyết phân tích hệ thống và tối ưu hoá vào bài toán thiết kế công trình, sử dụng phương pháp so sánh trực tiếp, các bước tìm phương án cao trình đáy cống xả tối ưu như sau:

Bước 1: Giả thiết nhiều phương án khác về cao trình đáy cống xả thỏa mãn điều kiện ràng buộc.

Bước 2: Với mỗi phương án về cao trình đáy cống xả, tiến hành tính toán xác định giá trị hàm mục tiêu.

Bước 3: So sánh các phương án bằng hàm mục tiêu sẽ lựa chọn ra được một phương án tối ưu.

Hàm mục tiêu:

Hàm mục tiêu được đề xuất trong bài toán này là: Tổng chi phí đầu tư xây dựng và quản lý hàng năm quy về năm đầu nhỏ nhất, tức là:

$$C_{\text{tổng}} = K_j + C_{QL-j} \rightarrow \text{Min} \quad (4)$$

$$j = 1 \div n$$

Trong đó:

K_j : Chi phí đầu tư xây dựng công trình tương ứng với phương án j . Ngoài hạng mục bể tháo và cống xả qua đê, các hạng mục còn lại của trạm bơm là không thay đổi theo các phương án, do đó ở đây chỉ tính K_j là chi phí đầu tư xây dựng bể tháo và cống xả qua đê. Chi phí này được xác định qua dự toán công trình.

C_{QL-j} : Tổng chi phí quản lý quy về năm đầu.

$$C_{QL-j} = \sum_{t=1}^{t=T} \frac{C_j}{(1+i)^t} \quad (5)$$

C_j : Chi phí quản lý trạm bơm bình quân hàng năm tương ứng phương án j . Chi phí này bao gồm: chi phí điện, chi phí bảo dưỡng, sửa chữa trạm bơm, chi phí lương công nhân và chi phí khác. Ngoài chi phí điện, các chi phí khác được coi như không đổi theo các phương án j .

i : Lãi suất tính toán.

T : Thời gian hoạt động của dự án (năm).

n : Số phương án đưa ra để so sánh.

Điều kiện ràng buộc:

Cao trình đáy cống xả phải thỏa mãn các điều kiện kỹ thuật sau:

- Đảm bảo đỉnh cống phải thấp hơn mặt đê ít nhất là 0,5 m (hạn chế tác động cơ học):

$$Z_{\text{đc}} \leq Z_{\text{matđe}} - 0,5 - t_n - H_c \quad (6)$$

- Đảm bảo chiều cao bể tháo không quá lớn:

$$Z_{\text{đc}} \geq Z_{\text{tườngbểtháo}} - H_{\text{bt}}^{\text{max}} \quad (7)$$

$$Z_{\text{tườngbểtháo}} = Z_{\text{bt}}^{\text{max}} + a \quad (8)$$

Trong đó:

$Z_{\text{matđe}}$: Cao trình mặt đê;

t_n : Chiều dày nắp cống;

H_c : Chiều cao cống xả, được xác định qua tính toán kích thước cống;

$Z_{\text{tườngbểtháo}}$: Cao trình đỉnh tường bể tháo;

$H_{\text{bt}}^{\text{max}}$: Chiều cao bể tháo lớn nhất theo điều kiện cấu tạo. Theo kinh nghiệm, có thể chọn

$$H_{\text{bt}}^{\text{max}} = 10 \div 12 \text{ m.}$$

Áp dụng phương pháp cho một trạm bơm cụ thể:

Phương pháp được giới thiệu ở trên đã được áp dụng để xác định cao trình đáy cống xả của trạm bơm tiêu Đông Mỹ, Thanh Trì, Hà Nội. Các số liệu chính đầu vào:

- Diện tích tiêu là 1995 ha;

- Lưu lượng thiết kế của trạm bơm, $Q_{\text{tk}} = 35 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng nhỏ nhất, $Q_{\text{min}} = 11,67 \text{ m}^3/\text{s}$;

- Mực nước bể tháo thiết kế, $Z_{\text{bt}}^{\text{TK}} = + 11,48 \text{ m}$ ($P=10\%$);

- Mực nước bể tháo lớn nhất, $Z_{\text{bt}}^{\text{max}} = + 12,11$

m (P=5%);

- Cột nước thiết kế của trạm bơm, $H_{TK} = 10,26$ m;

- Để tính toán nhu cầu tiêu nước và chi phí điện năng tiêu thụ hàng năm của trạm bơm, sử dụng tài liệu mưa ngày trạm Láng và tài liệu mực nước sông Hồng trạm Hà Nội (dẫn truyền về vị trí trạm bơm) trong 20 năm từ 1987 đến 2006.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

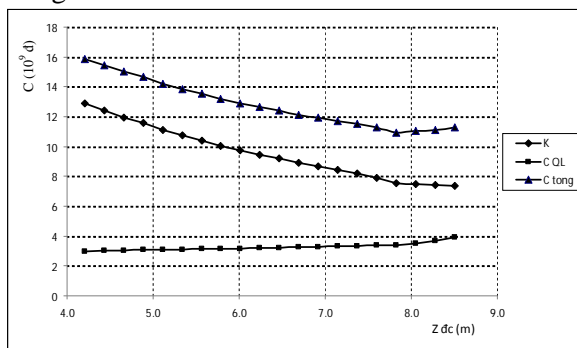
Dựa trên số liệu đầu vào tính toán được ràng buộc của cao trình đáy cống (Z_{dc}):

$4,2 \leq Z_{dc} \leq 8,5$. Tác giả đề xuất 20 phương án (P.A) ở bảng 1 về Z_{dc} .

Bảng 1. Các phương án về Z_{dc}

P.A	Z_{dc} (m)	P.A	Z_{dc} (m)
1	8,5	11	6,2
2	8,3	12	6,0
3	8,0	13	5,8
4	7,8	14	5,6
5	7,6	15	5,3
6	7,4	16	5,1
7	7,1	17	4,9
8	6,9	18	4,7
9	6,7	19	4,4
10	6,5	20	4,2

Ứng với mỗi phương án tiến hành tính toán chi phí xây dựng, chi phí quản lý hàng năm và tổng chi phí xây dựng và quản lý quy về năm đầu (giá trị của hàm mục tiêu). Quan hệ giữa các chi phí và cao trình đáy cống được thể hiện trong hình 2.



Hình 2. Quan hệ giữa chi phí xây dựng (K), tổng chi phí quản lý quy về năm đầu (C_{QL}) và chi phí tổng ($C_{tổng}$) với cao trình đáy cống (Z_{dc}).

Các đường quan hệ trên cho thấy, khi Z_{dc} tăng thì chi phí xây dựng giảm nhưng chi phí quản lý tăng, tức là Z_{dc} nghịch biến với chi phí xây dựng nhưng đồng biến với chi phí quản lý. Khi Z_{dc} tăng từ 4,2 m đến 7,8 m thì chi phí tổng giảm (Z_{dc} nghịch biến với $C_{tổng}$). Khi $Z_{dc} > 7,8$ m thì chi phí tổng đồng biến với Z_{dc} . Khi $Z_{dc} = 7,8$ m cho chi phí tổng $C_{tổng}$ nhỏ nhất, đây chính là giá trị Z_{dc} tối ưu cần tìm.

Kết quả này cho thấy, đáy cống xả được đặt thấp hơn so với cách tính hiện nay giúp giảm chi phí điện năng từ đó chi phí quản lý hàng năm sẽ giảm đi. Kết quả tính toán phù hợp với điều kiện thực tế, điều này khẳng định sự phù hợp của mô hình.

4. KẾT LUẬN

Khi thiết kế công trình trạm bơm tiêu, nếu xác định được hợp lý cao trình đáy cống xả của trạm bơm sẽ tiết kiệm được chi phí xây dựng và quản lý công trình. Bài báo này giới thiệu một phương pháp xác định cao trình đáy cống xả của trạm bơm tiêu dựa trên lý thuyết phân tích hệ thống và tối ưu hóa. Phương pháp đã được áp dụng cho một trạm bơm cụ thể trong thực tế. Kết quả cho thấy, nếu chọn cao trình đáy cống xả cao thì có thể dẫn tới việc lãng phí năng lượng bơm do làm tăng cột nước địa hình. Nếu chọn cao trình đáy cống xả thấp thì dẫn đến cao trình đáy bể tháo thấp tức chiều cao bể tháo lớn và cống xả phải đặt sâu, do đó sẽ làm tăng chi phí xây dựng. Phương án cao trình đáy cống xả tối ưu là phương án cho tổng chi phí xây dựng và quản lý quy về năm đầu nhỏ nhất.

Phương pháp tính toán này nên được áp dụng trong công tác thiết kế các trạm bơm tiêu nước mưa ra sông, đặc biệt là các trạm bơm mà ở đó lũ ngoài sông không trùng tần suất xuất hiện với mưa trong đồng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tuấn Anh và Lê Chí Nguyễn, 2003. *Xác định phương án bố trí và quy mô hợp lý của trạm bơm tưới cho cây trồng cạn trên vùng đất dốc*, Tạp chí Thủy lợi và Môi trường, Vol.3, 11/2003.
2. Phó Đức Anh, Đặng Hữu Đạo, 2007. *Phân tích và tối ưu hoá hệ thống*, NXB Nông nghiệp.
3. Nguyễn Ngọc Bích, Hoàng Lâm Viện, Nguyễn Văn Tích, 2006. *Giáo trình Máy bơm và Trạm bơm*, NXB từ điển Bách Khoa.
4. Hà Văn Khôi, 2001. *Giáo trình Quy hoạch và quản lý nguồn nước*, ĐHTL.
5. Lê Chí Nguyễn, 2008. *Một số vấn đề cơ sở nghiên cứu hệ thống tưới tiêu bằng động lực*, NXB nông nghiệp.
6. Ronald E. Featherstone and Karim K. El-Jumaily, 1983. *Optimal Diameter Selection for Pipe Networks*, Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 109, No. 2, February 1983, pp. 221-234.
7. Roberto Canales-Ruiz, 1980. *Optimal Design of Gravity Flow Water Conduits*, Journal of the Hydraulics, Vol. 106, No. 9, September 1980, pp. 1489-1502.

Abstract:

A METHOD OF DETERMINING ELEVATION OF THE BOTTOM OF DRAINAGE PUMPING STATION OUTLET

Nguyen Tuan Anh, Do Minh Thu

This paper presents a method of determining elevation of the bottom of drainage pumping station outlet that is based on the theory of systems analysis and optimization. In the method, the objective function is the lowest total cost, $C_{tot} \rightarrow Min$. As a validation, the method was applied for a drainage pumping station in Hanoi, Vietnam. This method should be used in the design of drainage pumping stations where the occurrence frequencies of flood in river and storm in the drainage basin are different.

Người phản biện: **GS. TS. Lê Chí Nguyễn**

BBT nhận bài: 7/6/2012

Phản biện xong: 10/9/2012