

## NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG ĐÓNG MỞ TỰ ĐỘNG ĐỐI VỚI CỬA VAN BẢN LẬT TRỤC ĐÁY

Giang Thu, Nguyễn Tiến Hải, Tô Vĩnh Cường,  
Nguyễn Việt Hùng, Nguyễn Thanh Khởi

Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học Sông Biển

**Tóm tắt:** Cửa van trục đáy (cửa van claple) có nhiều ưu điểm trong việc điều tiết mực nước nhưng khó tránh khỏi va đập, rung động khi vận hành; không có khả năng làm việc tự động. Trong bài báo này, bằng thực nghiệm và tính toán đã đưa ra hệ thống hỗ trợ đóng mở tự động dựa trên nguyên lý cân bằng lực. Hệ thống đóng mở tự động được đưa vào đã chuyển cửa van trục đáy thành cửa van tự động thủy lực (cửa van bản lật trục đáy) làm việc ổn định trong các điều kiện khác nhau, đáp ứng các yêu cầu như điều tiết mực nước, tháo lũ và ngăn mặn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hệ thống đóng mở tự động vận hành linh hoạt, êm ái, cấu tạo đơn giản, dễ lắp đặt và duy tu bảo dưỡng; thuận tiện cho việc nâng cấp, cải tạo do được chế tạo sẵn. Dạng cửa van bản lật tự động này đang được áp dụng vào công trình đập dâng Phai Vọng, tỉnh Bắc Kạn, Việt Nam.

**Từ khóa:** Cửa van tự lật, cơ cấu đóng mở, hệ lò xo.

**Summary:** Claple valve gates have many advantages in regulating water level but it is difficult to avoid impact and vibration when operating; not able to work automatically. In this paper, an automatic on-off support system has been proposed basing on the principle of force balance and indoor experiment. The installed automatic on-off system has been changed the claple valve gate to a hydraulic automatic valve gate (the flipped claple valve gate) which works stably under different conditions and meets requirements of water level regulation, flood discharge and saline prevention. The research results showed that the automatic on-off system operates flexibly and smoothly with its simple structure. It is easy to install and maintain; convenient for upgrading and renovating because it is built-in. The automatic flipped valve gates are applied to the work of Phai Vong dam, Bac Kan province, Vietnam.

**Key words:** automatically flipped valve gates, on-off structure, spring system.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

#### 1.1. Đặt vấn đề

Cửa van tự lật được ứng dụng phổ biến trong các công trình thủy lợi thủy điện đặc biệt với các công trình dâng nước với cột nước không cao hoặc trong các công trình tràn sự cố. Ưu điểm nổi bật của loại hình cửa van này là có thể khống chế mực nước ở một độ cao nhất định, khi mực nước tăng cửa van tự động mở để hạ thấp mực nước nhưng không cần tác động của con người hoặc máy móc thiết bị, do

đó giảm chi phí quản lý vận hành.

Tuy vậy, các cửa van tự động lật: i) thường bố trí trục quay khoảng 1/3 chiều cao cửa, dòng chảy được chảy qua cả trên và dưới cửa làm cho các thành phần lực cũng như tính toán gặp nhiều khó khăn; ii) quá trình làm việc thường xảy ra rung động mạnh; iii) không có khả năng làm việc tự động; iv) Chưa được áp dụng phổ biến. Vì vậy cần thiết phải nghiên cứu cửa van tự lật có hệ thống hỗ trợ đóng mở tự động và kết cấu phù hợp để khắc phục những nhược điểm này.

Trong bài viết này chúng tôi đề xuất giải pháp

Ngày nhận bài: 18/12/2019

Ngày thông qua phản biện: 20/01/2020

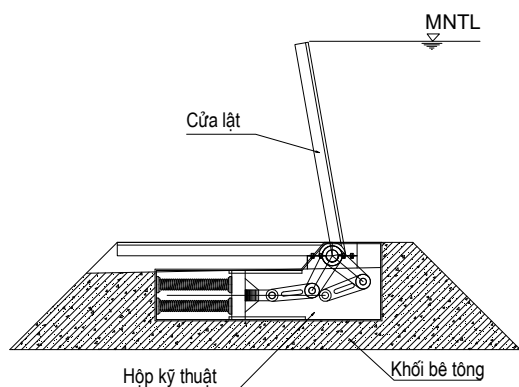
Ngày duyệt đăng: 12/02/2020

công nghệ hệ thống đóng mở tự động cho cửa van bản lật để điều tiết, thay thế các đập dâng cố định, phai tạm v.v. Công nghệ này rất linh hoạt trong việc tự động dâng đầu nước và tháo lũ đột ngột mà không cần sự điều khiển của con người, mặt khác giải pháp này cũng đơn giản, dễ dàng thi công, lắp đặt và có thể giữ nguyên tiết diện lòng dẫn khi tháo lũ.

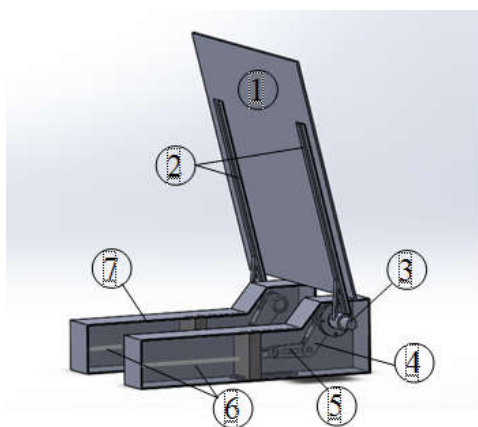
## 1.2. Đề xuất cửa van bản lật tự động

### 1.2.1. Hình thức kết cấu

Để khắc phục những nhược điểm của cửa van hiện có và dễ vận chuyển lắp đặt, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu và đề xuất một loại hình cửa van bản lật tự động mới với đặc điểm sử dụng hệ thống lò xo trục khuỷu để tạo mô men do trọng lượng bản thân (mô men chống lật), trục quay được bố trí ở dưới đáy cửa lật. Mô hình một cụm cửa van bản lật tự động được cho ở Hình 1 và 2.



Hình 1: Mô hình cửa van bản lật tự động



Hình 2: Cấu tạo cửa van bản lật tự động

Cấu tạo một cụm cửa van bản lật tự động gồm các bộ phận: (1) Bản mặt; (2) Sườn chống; (3) Trục quay; (4) Trục khuỷu; (5) Thanh truyền; (6) Lò xo; (7) Hộp kỹ thuật

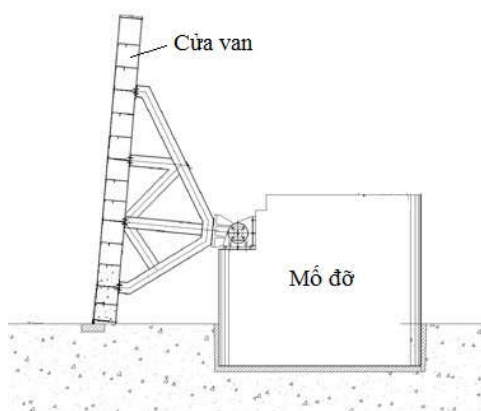
### 1.2.2. Nguyên lý làm việc

Cửa van bản lật tự động làm việc theo nguyên lý thay đổi áp lực nước thượng lưu và độ cứng tương đương của hệ lò xo  $F=f(K_{lx})$ ; khi mô men do áp lực thủy động, trọng lượng bản thân cửa lật và ma sát ở gối quay lớn hơn độ cứng của hệ lò xo, cửa van sẽ được mở đến trạng thái cân bằng với lực nén (kéo) của hệ lò xo. Khi áp lực không thay đổi, lực nén (kéo) hệ lò xo không đổi thì góc mở cửa cũng không thay đổi. Khi mô men do áp lực thủy động vẫn còn lớn hơn lực nén (kéo) của hệ lò xo thì cửa van sẽ được mở hoàn toàn (ở trạng thái nằm ngang); khi lực nén (kéo) của hệ lò xo lớn hơn mô men áp lực thủy động, trọng lượng cửa lật và lực ma sát, cửa van sẽ tự động đóng lại (ở trạng thái đứng).

## 2. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cơ sở khoa học

Các nghiên cứu về cửa van tự lật xuất hiện trên toàn thế giới, bắt nguồn từ Hà Lan, sau đó đến Hoa Kỳ, Trung Quốc và các quốc gia khác. Tại Trung Quốc từ những năm 60 của thế kỷ 20 đã nghiên cứu cửa van tự lật có hình thức kiểu gối đơn cố định, bộ phận gối đỡ được lắp đặt dưới vị trí 1/3 chiều cao cửa (Hình 3-a,b). Khi mực nước thượng lưu vượt qua đỉnh cửa với một độ cao nhất định, cửa van mở theo hướng đổ ra phía sau đến vị trí nằm ngang. Khi mực nước thượng lưu hạ đến đáy cửa, cửa van tự động quay về vị trí đóng để tiếp tục chức năng chắn nước. Qua nhiều năm cửa van này từng bước được cải tiến như thêm cơ cấu cản để khắc phục rung động khi đóng mở [1].



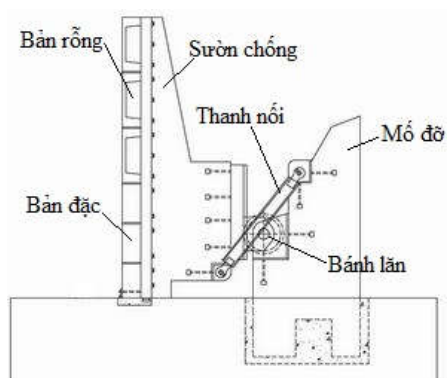
(a)



(b)

Hình 3: Cửa van tự lật kiểu gói đơn

Cho đến nay cửa van tự lật thường sử dụng hình thức bánh có lăn khe dẫn hướng hoặc bánh lăn có thanh nổi (Hình 4-a,b) [2],[3]. Tuy nhiên trong thực tế khi cửa van ở trạng thái mở hoàn toàn, để quay lại vị trí đóng sẽ gặp nhiều khó khăn, thường sử dụng thêm hệ thống xi lanh thủy lực để đẩy cửa van về vị trí đóng đồng thời giúp ổn định trong quá trình làm việc.



(a)



(b)

Hình 4: Cửa van tự lật kiểu bánh lăn, thanh nổi

Theo Styles, S. W [4], lợi ích của việc sử dụng flap gate bao gồm: Vận hành ổn định ở các điều kiện dòng chảy khác nhau, độ cao mực nước được duy trì, có thể được thiết kế và lắp đặt trong vòng một tuần và tăng khả năng cung cấp nước tính linh hoạt.

Theo Javier Cavazos [5], cho thấy rằng lợi ích lớn nhất ITRC flap gate là không đòi hỏi sức mạnh của con người để vận hành. Đây là một lợi thế rất lớn để kiểm soát các phần của kênh không có điện (Cavazos, 2014).

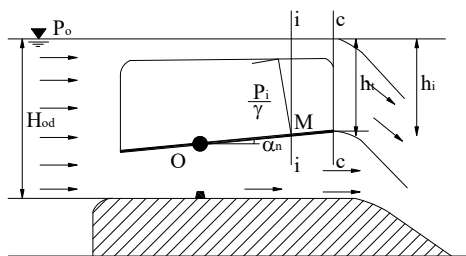
Theo Doug Welch [6], ITRC flap gate có lợi cho việc duy trì mực nước thượng nguồn, giữ cho thảm thực vật trên kênh đất, vì cửa van duy trì mực nước không đổi và giữ cho loài chuột không đào hang trong các kênh đất.

Ở Việt Nam cũng đã nghiên cứu và áp dụng loại hình cửa van lật tự động vào một số công trình thực tế điển hình như công trình thủy điện Tà Loi 2, Lào Cai (Hình 5). Từ những năm 70 Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đã bắt đầu nghiên cứu về đập dâng tự động và cửa van tự động lật và đã áp dụng cho nhiều công trình thực tế như: Công trình đập dâng Cầu Nha (Thanh Hóa); Đập Bà Tri (Kon Tum); Công trình Lại Giang (Bình Định); Anh Trạch, Bàu Nít (Quảng Nam), Cống Biện Nhi, Phát Diệm, Yên Khánh (Ninh Bình) v.v. Song chưa được phổ biến rộng rãi do va đập, rung động v.v [7],[8] và [9].



Hình 5: Cửa van tự lật - Công trình thủy điện Tà Lơi 2, Lào Cai

Với cửa van tự lật bằng thủy lực trực ngang (tâm trục được đặt ở 1/3 chiều cao cửa van) sơ đồ cửa van tự động lật như Hình 6 đã được một số tác giả đi sâu nghiên cứu:



Hình 6: Sơ đồ tính toán cửa van trực ngang

+ Trần Đình Hợi [8], đã đưa ra công thức tổng quát tính mô men áp lực và trọng lượng cửa van tác dụng lên cửa trong điều kiện hạ lưu có nước.

$$\sum M_o = G(H_b - \frac{L}{2} \sin \alpha_n) \cotg \alpha_n + (\gamma \frac{B}{6} \sin^2 \alpha_n)[H_t^2(3H_b - H_t) - H_h^2(3H_b - H_h)] \quad (1)$$

Trong đó mô men do áp lực nước:

$$\sum M_n = (\gamma \frac{B}{6} \sin^2 \alpha_n)[H_t^2(3H_b - H_t) - H_h^2(3H_b - H_h)] \quad (2)$$

Từ (2) tác giả kết luận rằng  $\sum M_n > 0$  cửa mở và  $\sum M_n < 0$  cửa đóng.

Tác giả cũng đã kiến nghị công thức tính toán thủy lực động tác dụng lên mặt trên cửa van tại một điểm bất kỳ có dạng:

$$\frac{P_i}{\gamma} = h_i - m^2 \cdot h_t \cdot \left\{ \frac{h_t}{h_i} \right\}^2 \quad (3)$$

Trong đó:

$P_i$  - áp suất thủy động tác dụng lên cửa van tại điểm M

$h_i$  - chiều cao cột nước tại điểm cần tính toán điểm M

$h_t$  - chiều cao cột nước tính từ đỉnh cửa

$m$  - hệ số lưu lượng dòng chảy qua đỉnh cửa.

+ Trần Đình Hòa [7] đã nghiên cứu mô men áp lực nước tác dụng vào cửa van theo thủy động lực học và xác định thêm thành phần mô men cản  $M_d$  trong công thức mô men tổng quát (4) do ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy và đưa ra phương trình (5) trạng thái tới hạn mà tại đó cửa van chuyển động từ đang mở sang đóng:

$$\bar{M}_o = \bar{M}_n + \bar{M}_d + \bar{M}_g = \bar{0} \quad (4)$$

$$\sum M_o = k_1 \gamma B \left[ \frac{m^2}{\sin \alpha_n} \left( \frac{h_t^3}{h_t + L \sin \alpha_n} - h_t^2 \right) \left( L - L_t - \frac{h_t}{\sin \alpha_n} \right) - \frac{m^2 h_t^3}{\sin^2 \alpha_n} \ln \left( \frac{h_t}{h_t + L \sin \alpha_n} \right) + h_t \left( \frac{L}{2} - L_t \right) + \frac{L^2 \sin \alpha_n}{2} \left( \frac{L}{3} - L_t \right) \right] + \frac{1}{2} C_d \rho B L \sin^2 \alpha_n v^2 \left( \frac{L}{2} - L_t \right) + (G_1 L_1 - G_2 L_2) \cos \alpha_n \quad (5)$$

Trong đó:

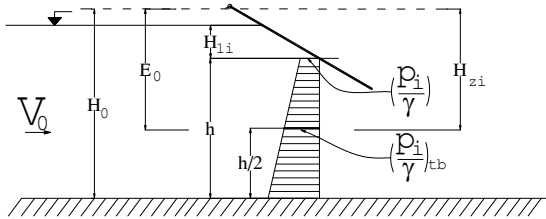
$k_1$  - Hệ số co hẹp bên.

$C_d$  - Hệ số cản;

$V$  - Vận tốc dòng chảy;

$\rho$  - Mật độ của nước.

+ Nguyễn Ngọc Nam [10] đã nghiên cứu áp suất thủy động tác dụng lên cửa van clape khi dòng chảy dưới cánh cửa van trong điều kiện cột nước thấp như sơ đồ Hình 7:



Hình 7: Sơ đồ tính áp suất thủy động lên cửa van clape

$$\frac{P_i}{\gamma} = \frac{H_{li}}{H_{zi}} \left[ E_o - \frac{V_i^2}{2g\phi^2} \right] \quad (6)$$

$V_i$  - Vận tốc trung bình của mặt cắt qua điểm  $i$  trên mặt cửa;

$H_{li}$  - Khoảng cách thẳng đứng từ điểm  $i$  tới mực nước ngang thượng lưu;

$H_{zi}$  - Khoảng cách thẳng đứng từ tâm diện tích phẳng qua điểm  $i$  tới mực nước ngang thượng lưu;

Ngoài ra có một số tác giả nghiên cứu và phân tích thành phần lực tác dụng lên cửa van tự lật có trục tâm quay được bố trí 1/3 chiều cao cửa để đưa ra quá trình đóng, mở cửa van trên cơ sở quy luật thủy tĩnh.

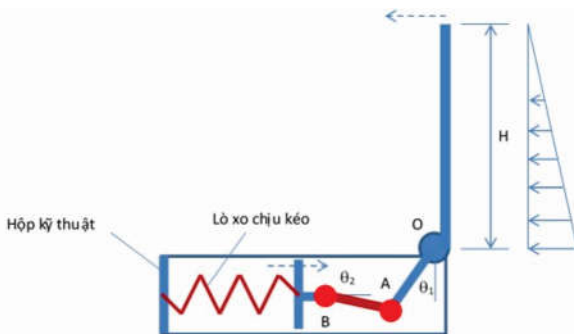
## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu bằng lý thuyết, sử dụng mô hình toán (Ansys) để tính toán và Mô hình vật lý để kiểm chứng.

### 2.2.1. Lý thuyết tính toán

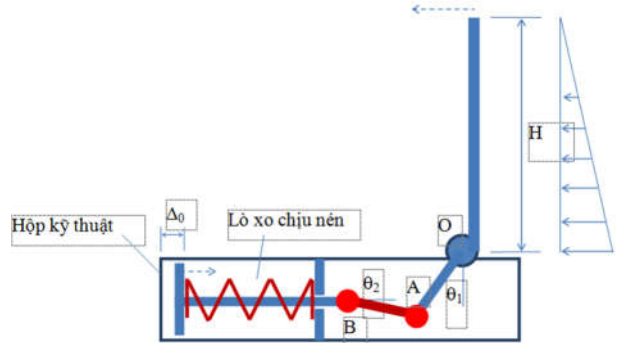
#### a) Sơ đồ hệ thống đóng mở cửa van

- Đối với hệ lò xo chịu kéo: Trường hợp này như Hình 8a.



(a) Hệ lò xo chịu kéo

- Đối với hệ lò xo chịu nén: Trường hợp này như Hình 8b.



(b) Hệ lò xo chịu nén

Hình 8: Sơ đồ hệ thống đóng mở cửa van bản lật tự động

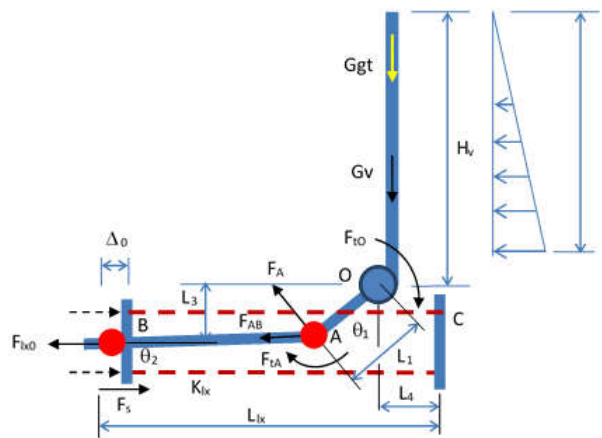
Trong bài báo này chúng tôi tính toán cho trường hợp hệ thống lò xo chịu nén (do lò xo chịu nén được sản xuất phổ biến trên thị trường).

#### b) Sơ đồ cấu tạo và các thông số cơ bản

- Sơ đồ cấu tạo:

Từ tính toán và kiểm tra, khi hệ lò xo chịu kéo là đảm bảo kỹ thuật như sơ đồ hình 8.a.

Đối với sơ đồ tính toán cho trường hợp hệ lò xo chịu nén, cấu tạo hệ thống đóng mở được điều chỉnh như hình 9. Trục bản lề O cố định, trục bản lề A chuyển động quay quanh tâm O, thanh AB có thể xoay tự do.



Hình 9: Sơ đồ cấu tạo hệ thống đóng mở cửa van bản lật tự động

- Thông số cơ bản:

$L_{lx}$  - chiều dài lò xo (m)

$K_{lx}$  – độ cứng của hệ lò xo (kN/m)

$B$  – bề rộng cửa van (m)

$H_v$  – chiều cao bản chắn cửa van (m)

$G_v$  – trọng lượng bản chắn cửa van (kN)

$G_{gt}$  – trọng lượng gia tải (kN); có thể có hoặc không, đặt trên hoặc dưới tùy điều kiện

$e$  – khoảng cách từ trọng tâm bản chắn cửa van đến tâm O (m)

$\theta_1$  – góc nghiêng trục khuỷu so với phương đứng (độ)

$\theta_2$  – góc nghiêng của thanh truyền so với phương ngang (độ)

$L_1$  – chiều dài trục khuỷu (m)

$\Delta_0$  – độ nén ban đầu của lò xo (m)

$L_3$  – khoảng cách theo phương đứng từ vị trí lò xo B đến trục cố định O (m)

$L_4$  – khoảng cách theo phương ngang từ vị trí lò xo C đến trục cố định O (m)

$H$  – chiều cao cột nước trước cửa van (m)

$F_s$  – lực ma sát ở tấm trượt và hộp kỹ thuật (kN)

$F_{tO}, F_{tA}$  – mô men cản do ma sát ở các ổ trục quay (kNm)

$\alpha$  – góc mở cửa van so với phương đứng (độ)

- Sơ đồ lực:

Khi bỏ qua ma sát ở ổ trục quay và bản dẫn hướng với hộp kỹ thuật [1][4], theo sơ đồ Hình 9, quan hệ giữa độ cứng hệ lò xo với áp lực nước tác dụng vào bản mặt cửa van như sau:

+ Lực đàn hồi của lò xo khi chịu nén ban đầu  $\Delta_0$  (kN):

$$F_{lx0} = K_{lx} \cdot \Delta_0 \quad (7)$$

+ Lực dọc vào thanh AB (kN):

$$F_{AB} = (F_{lx0} - F_s) \cdot \cos(\theta_2) \quad (8)$$

+ Lực tác dụng vuông góc vào thanh OA (kN):

$$F_A = F_{AB} \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (9)$$

+ Mô men đàn hồi của lò xo đối với trục quay O (kN.m):

$$M_{lxO} = F_A \cdot L_1 \quad (10)$$

+ Tổng mô men cản đối với trục quay O do đàn hồi của lò xo (kN.m):

$$M_{Oc} = M_{lxO} + F_{tO} + F_{tA} + (G_{gt} + G_v) \cdot e \quad (11)$$

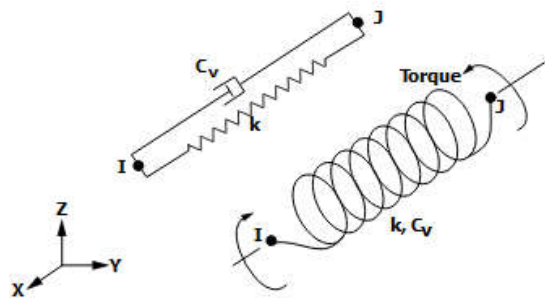
+ Tổng mô men gây lật đối với trục quay O do áp lực nước (kN.m):

$$M_{Og} = [(\gamma_n \times H \times H/2) \times (B/2)] \times (H/3 + H_v - H) \quad (12)$$

Khi  $M_{Oc} \geq M_{Og}$  cửa van ở vị trí thẳng đứng (góc  $\alpha = 0$ ); khi  $M_{Og} > M_{Oc}$  cửa van xoay về phía hạ lưu. Để xác định độ nén ban đầu của lò xo  $\Delta_0$ , lấy  $M_{Oc} = M_{Og}$ .

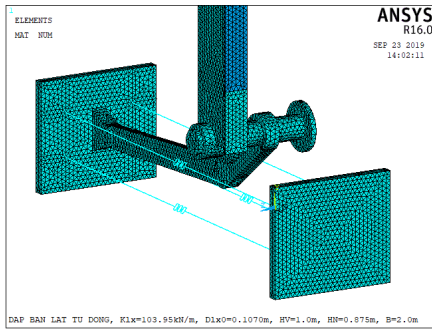
### 2.2.2. Mô hình toán

- Giới thiệu phần mềm ANSYS: ANSYS có khả năng mô phỏng tiếp xúc giữa các vật thể với hệ số ma sát bất kỳ, liên kết lò xo (hình 10)... Đối với liên kết lò xo trong kết cấu có thể sử dụng phần tử COMBIN14 với hai tham số đặc trưng là độ cứng  $k$  và hệ số cản  $C_v$ .



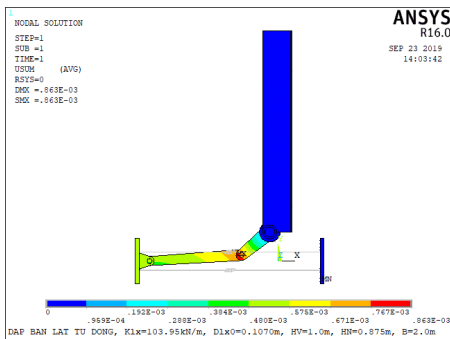
Hình 10: Phần tử COMBIN14

- Xây dựng mô hình cửa van: Do cửa van làm việc đối xứng nên chỉ xây dựng  $\frac{1}{2}$  mô hình cửa van. Các vị trí cố định thay bằng các liên kết để giảm khối lượng mô hình tính toán nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác. Các vị trí tiếp xúc tại các ổ trục được mô phỏng thông qua phần tử tiếp xúc với hệ số ma sát tùy ý. Các kích thước và vật liệu chế tạo cửa van được mô phỏng thông qua tham số để có thể dễ dàng cho việc thay đổi. Mô hình phần tử hữu hạn hệ thống kết cấu xem hình 11.

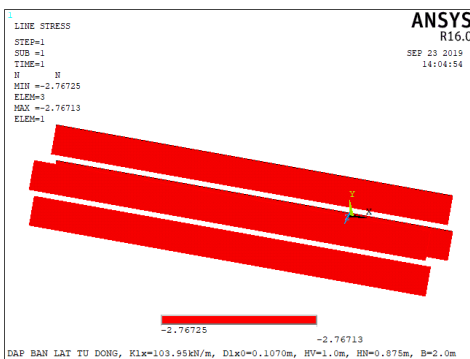


Hình 11: Mô hình phần tử hữu hạn

- Kiểm tra độ tin cậy của mô hình: Xác định độ nén ban đầu của hệ lò xo cho một trường hợp kích thước của van  $L_1 = 0,18m$ ;  $L_3 = 0,145m$ ;  $L_4 = 0,25m$ ;  $H_v = 1,0m$ ;  $B = 2m$ ;  $H = 0,875m$ ;  $\theta_1 = 50^\circ$ ;  $L_{lx} = 1,0m$ ;  $G_v = 2,93kN$ ;  $G_{gt} = 0,93kN$ ; độ lệch tâm  $e = 0,107m$ ;  $K_{lx} = 103,95kN/m$ ; bỏ qua hệ số ma sát tại các ổ trục. Kết quả tính toán chuyển vị và lực nén trong hệ lò xo xem hình 12 và 13.



Hình 12: Chuyển vị tổng thể của kết cấu



Hình 13: Lực nén trong lò xo

Kết quả so sánh khi tính toán bằng giải tích và bằng phần mềm cho ở Bảng 1.

Bảng 1: Bảng so sánh kết quả tính toán

Tham số	Tính toán		Sai số
	Giải tích	ANSYS	
Độ nén trước ban đầu của hệ lò xo $\Delta_0$	-0,1045	-0,1070	2,39
Lực đàn hồi của hệ lò xo $F_{lx0}$ (kN)	10,8588	11,0688	1,93

**Nhận xét:** Khi tính toán độ nén ban đầu của hệ lò xo với cùng một điều kiện cho thấy kết quả tính toán bằng giải tích và bằng phần mềm ANSYS có sự chênh nhau với sai số nhỏ dưới 3%. Sự chênh lệch này là do khi tính toán bằng giải tích đã bỏ qua nhiều yếu tố và chỉ xét đến thành phần lực theo một phương và chiều dài thanh L2, góc nghiêng  $\theta_2$  là cố định không phụ thuộc vào độ nén ban đầu  $\Delta_0$  nên giá trị nhỏ hơn so với tính toán theo bài toán không gian bằng phần mềm ANSYS. Vì vậy có thể nói mô hình tính toán lập bằng phần mềm ANSYS đảm bảo độ tin cậy.

### 2.2.3. Mô hình vật lý

Do đây là bước đầu nghiên cứu mới với hệ thống đóng mở cho cửa van bản lật trực đáy khi kết hợp thủy động lực và cơ khí chế tạo, chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm mô hình vật lý trên mô hình phẳng, tỷ lệ 1:1.

#### ▪ Mục tiêu của thí nghiệm

- + Kiểm tra nguyên lý làm việc tự động dâng nước và tháo lũ của cửa van;
- + Kiểm tra điều kiện làm việc (cân bằng) giữa thủy động lực và độ cứng của hệ lò xo;
- + Đánh giá độ nhạy và sự rung động khi cửa van vận hành;

Thí nghiệm tiến hành với các lưu lượng, mực nước thượng lưu khác nhau, mực nước hạ lưu tự do.

#### ▪ Xây dựng mô hình

- + Mô hình cửa van bản lật tự động xây dựng đặt trong máng kính rộng 1m, cao 2m dài 16m.

+ Cửa van bản lật được làm bằng bê tông cốt thép M250 có khả năng lắp ghép tháo rời (dễ dàng lắp đặt và thay đổi chiều cao, tải trọng...).

+ Hộp kỹ thuật cho hệ thống đóng mở được thiết kế tính toán bằng phần mềm 3D Solidworks, Autocad và được tính toán bằng phần mềm ANSYS (hình 14).

Thiết kế ban đầu:

+ Kích thước cửa lật  $B \times H = 1 \times 0,5 \text{m}$ ;

+ Độ cứng hệ lò xo  $K_{lx} = 60 \text{KN/m}$ .



Hình 14: Mô hình máng kính thí nghiệm cửa van bản lật

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Kết quả nghiên cứu hệ thống đóng mở trên mô hình toán ANSYS

▪ Trường hợp lò xo chịu kéo (Hình 8a):

Khi cửa van ở vị trí thẳng đứng lò xo không làm việc; khi cửa van bắt đầu chịu áp lực nước, bản mặt cửa van có xu hướng quay quanh trục cố định O về phía hạ lưu, lò xo cũng đồng thời chịu kéo chống lại mô men do áp lực nước gây ra.

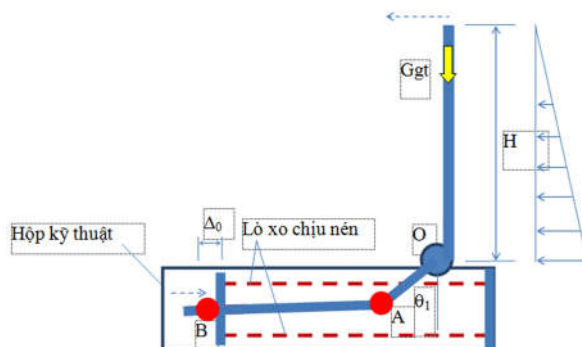
Với độ cứng lò xo nhất định, tùy thuộc chiều cao cột nước tác dụng mà bản mặt cửa van có độ mở khác nhau và không ở vị trí thẳng đứng (hoặc một góc mở ban đầu) như mong muốn.

Song trên thị trường loại lò xo chịu kéo ít được sản xuất (không có sẵn), đây cũng là nhược điểm của hình thức này.

▪ Trường hợp lò xo chịu nén (Hình 8b):

Trường hợp cửa van làm việc với hệ lò xo ở trạng thái chịu nén; khi cửa van bắt đầu chịu áp lực nước, bản mặt cửa van có xu hướng quay quanh trục cố định O về phía hạ lưu, lò xo cũng đồng thời chịu nén chống lại mô men do áp lực nước gây ra. Để giữ cửa van luôn ở vị trí thẳng đứng (hoặc một góc mở ban đầu) khi cột nước trước cửa van nhỏ hơn hoặc bằng cột nước thiết kế, tạo cho hệ lò xo một biến dạng nén ban đầu ( $\Delta_0$ ) đủ để cân bằng mô men do áp lực nước thiết kế gây ra. Khi mực nước trước cửa van lớn hơn mực nước thiết kế, cửa van mới dịch chuyển. Nhược điểm của sơ đồ này là ma sát trục lò xo với tấm chắn (tại điểm B) lớn dễ bị kẹt, thanh truyền AB không có tác dụng với hành trình làm việc của cửa van do làm góc  $\theta_1$  thay đổi lớn và chiều dài ban đầu của hệ lò xo lớn.

Để khắc phục nhược điểm này, chúng tôi đã nghiên cứu, đề xuất hình thức kết cấu như Hình 15 và sơ đồ tính toán như Hình 9 ở trên, lựa chọn này làm cơ cấu đóng mở đơn giản hơn và giảm quy mô hộp kỹ thuật. Đồng thời để tăng độ linh hoạt của cửa van, bố trí thêm gia trọng ở đỉnh hoặc ở đáy cửa van để giảm độ nén ban đầu của lò xo, có lợi khi lựa chọn cột nước tác dụng vào cửa van trong quá trình đóng mở.



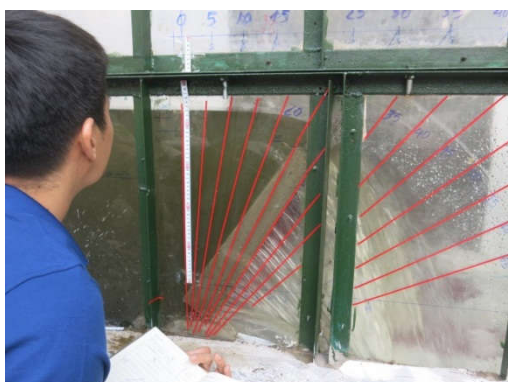
Hình 15: Sơ đồ nguyên lý làm việc của cửa van bản lật tự động sử dụng hệ thống lò xo chịu nén (phương án chọn)



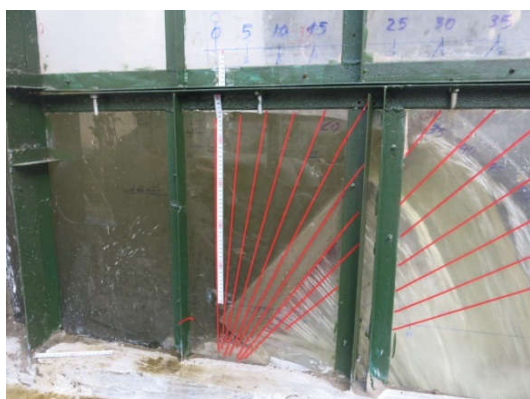
### 3.2. Kết quả nghiên cứu bằng thực nghiệm

Với việc lựa chọn sơ đồ và các kích thước về cửa van bản lật như trên, giả thiết mực nước thượng lưu thiết kế bằng đỉnh cửa lật ( $Z_{TL}=0,5m$ ) để xem xét khả năng vận hành tự động của hệ thống.

Trạng thái tích nước ban đầu: Ở trạng thái ban đầu (không có nước thượng lưu), bản lật cân bằng với trạng thái ban đầu của hệ lò xo ở trạng thái đóng (thẳng đứng), khi cho mực nước thượng lưu tăng dần đến 3/4 chiều cao cửa lật thì cửa bắt đầu chuyển động mở về phía hạ lưu; khi mực nước thượng lưu đến đỉnh cửa (đóng van cấp nước) thì cửa lật đạt độ mở  $\alpha=20^\circ$  và duy trì ổn định với mực nước thượng lưu  $Z_{ti}=0,47m$ . Tiếp tục mở nước, cột nước thượng lưu  $Z_i$  tăng lên, cột nước trên đỉnh cửa lật  $H_i$  tăng, cửa lật mở với góc mở lớn hơn (xem các Hình 16, 17 và 18).



Hình 16: Độ mở cửa van  $\alpha=25^\circ$

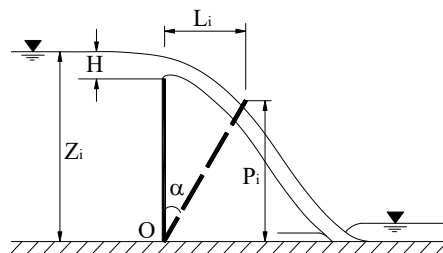


Hình 17: Độ mở cửa van  $\alpha=35^\circ$



Hình 18: Độ mở cửa van  $\alpha=50^\circ$

Trên mô hình đã xác định các giá trị cột nước thượng lưu, trên đỉnh bản lật quan hệ với độ mở cửa và xác định tổ hợp lực tác dụng gây mở cửa tương ứng với độ cứng của hệ lò xo và cũng xem xét trạng thái ban đầu làm việc của bản lật và độ mở tối đa theo sơ đồ Hình 19.



Hình 19: Sơ đồ thí nghiệm cửa van tự lật

$\alpha$ : độ mở cửa (độ)

$Z_i$ : cột nước thượng lưu (m)

$H_i$ : cột nước tác dụng đỉnh cửa (m)

$L_i$ : chuyển vị ngang cửa lật (m)

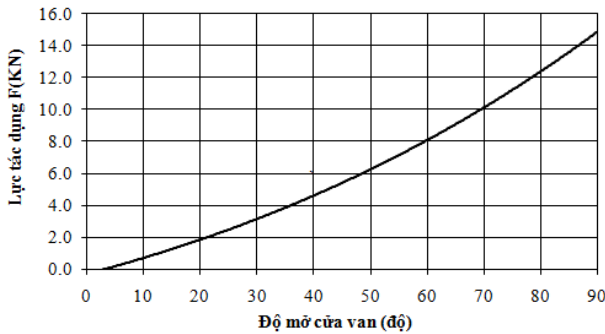
$P_i$ : chiều cao cửa lật (m)

Tổ hợp lực tác dụng vào cửa lật và hệ lò xo theo độ mở cửa từ  $0 \div 90^\circ$  như Bảng 2, Hình 20:

**Bảng 2: Kết quả đo lực đóng mở**

$\alpha$ (độ)	$\Delta K_{lx}$ (m)	F(kn)	$\alpha$ (độ)	$\Delta K_{lx}$ (m)	F(kn)
0	0,000	0,00	40	0,081	4,86
5	0,001	0,06	45	0,093	5,58
10	0,009	0,54	50	0,105	6,30
15	0,018	1,08	55	0,122	7,32
20	0,029	1,74	60	0,133	7,98
25	0,040	2,40	65	0,145	8,70
30	0,054	3,24	90	0,250	15,00
35	0,066	3,96			

Từ kết quả ở Bảng 2, nếu muốn cửa van thẳng đứng thì cần độ nén trước của lò xo là 1,74kN.



Hình 20: Quan hệ giữa độ mở và lực đóng mở

Trong quá trình thí nghiệm chúng tôi điều chỉnh mực nước tăng giảm đột ngột (tức là lực tác dụng vào bản lật thay đổi đột ngột), bản lật cũng làm việc theo trạng thái đóng mở liên tục, không gây ra rung động, rất êm.

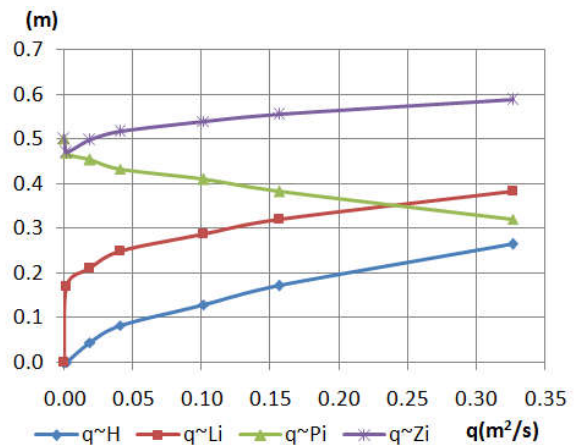
- Lập quan hệ thực nghiệm giữa lưu lượng với cột nước thượng lưu  $Z_i$ , cột nước đỉnh cửa  $H_i$ , chuyển vị ngang cửa  $L_i$  và độ hạ thấp cửa  $P_i$  khi đó  $q=f(Z,H,L,P)$  như Bảng 3, Hình 21.

Bảng 3: Kết quả thí nghiệm theo các độ mở cửa

$\alpha$ (độ)	q (m <sup>2</sup> /s)	Z <sub>i</sub> (m)	H <sub>i</sub> (m)	L <sub>i</sub> (m)	P <sub>i</sub> (m)
0	0,00	0,50	0,00	0	0,50
20	0,002	0,47	0,001	0,171	0,469
25	0,019	0,498	0,004	0,211	0,453
30	0,041	0,517	0,065	0,25	0,433
35	0,102	0,540	0,108	0,287	0,410
40	0,157	0,55	0,142	0,321	0,38

		5			3
50	0,327	0,587	0,215	0,383	0,321

Như vậy, quá trình làm việc của cửa van bản lật tự động thấy rằng: Khi lưu lượng (q) tăng thì cột nước tác dụng lên bản lật (H) tăng, song mực nước thượng lưu (Z) gần như duy trì ở trạng thái cột nước thiết kế ban đầu (ổn định), sự chênh lệch dao động cột nước trung bình là nhỏ khoảng 4,58% với giá trị này trên thực tế là chấp nhận được.



Hình 21: Quan hệ  $q=f(Z,H,L,P)$

### 3.3. Áp dụng vào công trình đập dâng Phai Vọng, tỉnh Bắc Kạn, Việt Nam

- Hiện trạng công trình: Đập Phai Vọng xã Phương Viên, huyện Chợ Đồn được đầu xây dựng và bàn giao đưa vào sử dụng năm 1992. Đập cao 1,0m, kết cấu đập là bê tông cốt thép dạng thành mỏng. Mục tiêu là dâng nước vào kênh tưới và tháo lũ. Hiện tại thượng lưu đập bị bồi lấp đến cao trình mặt đập, cửa xả bị bị kín (không vận hành đóng mở được); thân đập bị bong tróc, xâm thực gây thấm thấu lớn, tại vị trí tiếp giáp giữa thân đập và sân tiêu năng bị xói sâu; sân tiêu năng đá học xây bị bong tróc mặt và vỡ, xói lở sâu hạ lưu tiêu năng. Đập có nguy cơ mất an toàn cao và không đảm bảo hiệu quả khai thác (Hình 22).



Hình 22: Hiện trạng công trình đập Phai Vọng

Vì vậy, cần phải sửa chữa, khắc phục để đảm bảo sự hoạt động ổn định, an toàn cho công trình.

- Sửa chữa nâng cấp đập Phai Vọng:

+ Gia cố, bọc lại toàn bộ thân đập, bằng BTCT M200, đá 1x2, t=15cm, nâng cao trình đỉnh đập 15 cm so với đỉnh đập cũ.

+ Giữ nguyên bề tiêu năng cũ, phá dỡ tường ngưỡng bể, gia cố bề tiêu năng bằng một lớp BTCT M200, đá 1x2 dày 20cm trên nền đá xây mặt bể.

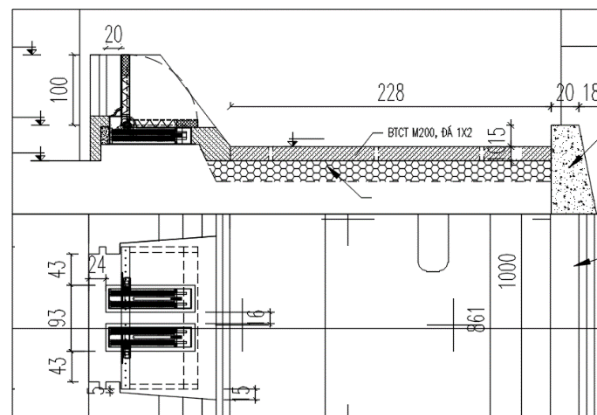
+ Lắp đặt hệ thống cửa van bản lật tự động thay thế phai chắn nước tại cửa xả (rộng 2m, cao 1m). Hệ thống cửa van bản lật tự động sau khi tính toán, lựa chọn gồm các thông số thiết kế như sau (xem bảng 4):

**Bảng 2: Các thông số tính toán áp dụng cho công trình đập Phai Vọng**

TT	HỆ THỐNG CỬA VAN	KÝ HIỆU	ĐƠN VỊ	THÔNG SỐ
1	Chiều cao cửa van	Hv	m	1,00
2	Chiều cao cột nước	H	m	0,875
3	Bề rộng cửa van	B	m	2,00
4	Chiều dài trực khủy	L1	m	0,18

5	Khoảng cách	L3	m	0,145
6	Khoảng cách	L4	m	0,25
7	Độ cứng hệ lò xo	Klx	kN/m	103,95
8	Chiều dài lò xo	Llx	m	1,00
9	Góc nghiêng trực khủy	$\theta_1$	độ	50
10	Trọng lượng thép bản mặt	Gv	kN	2,20
11	Trọng lượng bê tông gia tải	Ggt	kN	0
12	Độ lệch tâm bản mặt	e	m	0,107
13	Ma sát ổ trục O	FtO	kNm	0
14	Ma sát ổ trục A	FtA	kNm	0
15	M.sát tấm trượt và hộp	Fs	kN	0
16	Độ nén ban đầu	$\Delta_o$	m	0,127

Từ kết quả tính toán, lựa chọn áp dụng cho công trình thực tế đập Phai Vọng như Hình 23.



Hình 23: Cửa van bản lật tự động áp dụng vào đập Phai Vọng, tỉnh Bắc Kạn

#### 4. KẾT LUẬN

Hệ thống đóng mở cho cửa van bản lật trực đáy là một kết cấu mới lần đầu tiên được đề xuất khi kết hợp giữa thủy động lực và cơ khí chế tạo (áp lực thủy động và đàn hồi của hệ lò xo) để vận hành. Về nguyên tắc kết cấu này có thể tạo ra cột nước có chiều cao khác nhau tùy thuộc vào độ cứng của hệ lò xo. Qua thí nghiệm mô hình có thể khẳng định về nguyên lý làm việc của loại cửa van bản lật này là hoàn toàn đúng đắn, làm việc hoàn toàn tự động, chủ động, linh hoạt trong việc dâng nước và tháo lũ nhanh, có tính khả thi cao và có khả năng áp dụng vào thực tế.

Cửa van bản lật dạng này có những ưu điểm sau:

1) Do ổ trục được đặt dưới đáy bản lật nên

việc tính toán đơn giản hơn so với các cửa van lật trước đây;

2) Làm việc hoàn toàn tự động, chủ động, linh hoạt không cần sự điều khiển của con người;

3) Đóng mở nhẹ nhàng, không gây rung động, luôn duy trì, ổn định mực nước thượng lưu;

4) Khi tháo lũ có thể nằm sát đáy, không ảnh hưởng nhiều đến mặt cắt tự nhiên nên không gây biến hình lòng dẫn và giải pháp tiêu năng sau công trình sẽ đơn giản;

5) Có kết cấu đơn giản, được gia công chế tạo sẵn nên thuận tiện cho thi công lắp đặt; giá thành rẻ.

6) Đã được áp dụng vào công trình thực tế bắt đầu triển khai thi công trong tháng 10 năm 2019.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 邓晓君, 焦., *水力自动翻板闸门的发展历程及应用*. 北京水务, 年第03期, 2012.
- [2] HOU SHI HUA, S.C.S., *Path of instantaneous center of hydro-automatic flap gate and its influences on gate's stability*. Hydro-Science and Engineering, 2007.
- [3] 侯石华, 沈., *连杆滚轮式水力自动翻板闸门的结构优化*. 水利水电科技进展, 2008.
- [4] STYLES, S.W., *Flap Gate, ITRC Report No. R. 07-001*. Irrigation Training and Research Center, 2001: p. 1-3.
- [5] CAVAZOS, J., *Flap Gate Survey - AID*. Personal Communication, 2014.
- [6] WELCH, D., *Flap Gate Survey*. Personal Communication, 2014.
- [7] HOA, T.D., *Nghiên cứu chế độ thủy lực và ổn định của cửa van tự động thủy lực trực ngang*. 2002, Viện Khoa học Thủy lợi.
- [8] HOI, T.D., *Cửa van tự động tháo nước và tích nước cho đập dâng*. Tuyển tập kết quả KH&CN, Viện Khoa học thủy lợi Quốc gia, trang 89-95, 1989-1994.
- [9] *Viện Khoa học Thủy lợi (1999-2000)*. Tuyển tập kết quả nghiên cứu KH&CN, trang 377-384.
- [10] NAM, N.N., *Chế độ thủy lực của dòng chảy qua công trình tháo nước sử dụng cửa van clape liên hoàn*. 2008, Viện Khoa học Thủy lợi.

