

# Tính toán áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung công trình cống Hàng Bàng

Đình Văn Duy<sup>1\*</sup>, Trần Văn Tỷ<sup>1</sup>, Cao Tấn Ngọc Thân<sup>1</sup>, Huỳnh Thị Cẩm Hồng<sup>1</sup>, Cù Ngọc Thắng<sup>1</sup>, Phạm Tấn Đạt<sup>2</sup>  
Lê Văn Ngào<sup>2</sup>, Phạm Văn Tí<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ thuật Thủy lợi, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Ban quản lý dự án đầu tư xây dựng thành phố Ngã Bảy, tỉnh Hậu Giang

<sup>3</sup> Ủy ban nhân dân xã Phú Tâm, huyện Châu Thành, tỉnh Sóc Trăng

## TỪ KHOÁ

Áp lực thủy tĩnh  
Lực thủy tĩnh  
Cống hàng bàng  
Mô hình số  
Flow-3D

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mô phỏng áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung công trình cống Hàng Bàng thuộc Dự án Phát triển thành phố Cần Thơ và tăng cường khả năng thích ứng đô thị bằng mô hình thủy lực ba chiều Flow-3D. Phương pháp tính áp dụng công thức thực nghiệm cũng được sử dụng để so sánh với kết quả phân tích bằng mô hình toán. Các số liệu thứ cấp về mực nước và lưu lượng được thu thập từ hồ sơ thiết kế cống Hàng Bàng. Các kết quả tính toán cho thấy mô hình Flow-3D cho kết quả tương đồng với phương pháp tính bằng công thức thực nghiệm. Vì vậy, mô hình Flow-3D có thể sử dụng để mô phỏng áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung.

## KEYWORDS

Hydrostatic pressure  
Hydrostatic force  
Hang Bang barrier  
Numerical model  
Flow-3D

## ABSTRACT

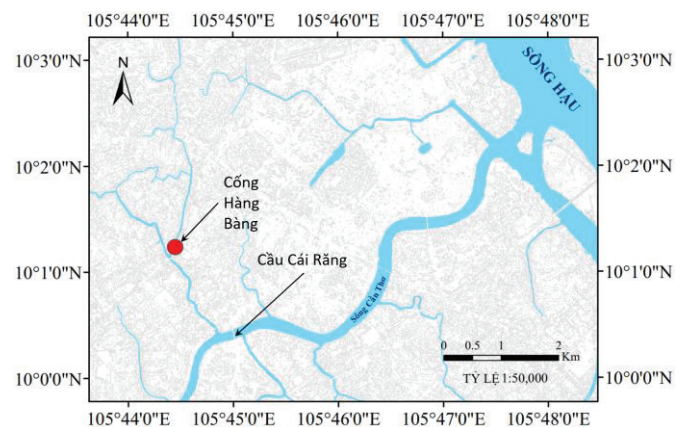
The objective of this study is to model the hydrostatic pressure on the radial gate of Hang Bang Barrier in the Can Tho, Vietnam - Enhancing Urban Resilience Project using a three dimensional CFD program called Flow-3D. The formulas for calculating hydrostatic pressure on radial gates were also used in this study. Input data was collected from design document of the Hang Bang barrier. The model results from Flow-3D showed a good match with the calculated results using the formulas. It indicates that Flow-3D can be used to model hydrostatic pressure induced on radial gates.

## 1. Mở đầu

Thành phố Cần Thơ là một đô thị hạt nhân của vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) và nằm trên một vùng đất trũng phía nam sông Hậu [1]. ĐBSCL được dự báo là một trong ba đồng bằng lớn trên thế giới chịu ảnh hưởng nặng nề nhất từ biến đổi khí hậu (BĐKH). Thành phố Cần Thơ có địa hình thấp và bằng phẳng với cao độ tự nhiên phân bố từ 0,5 – 1 m so với mực nước biển [1]. Trong những năm gần đây, mực nước sông Hậu diễn biến rất phức tạp và cao bất thường [2] đã gây ra những trận lũ lớn. Rất nhiều khu vực thuộc các quận trung tâm của thành phố Cần Thơ thường xuyên bị ngập nặng trong những năm gần đây. Để ứng phó với tình trạng ngập úng của thành phố, Dự án Phát triển thành phố Cần Thơ và tăng cường khả năng thích ứng đô thị đã đề xuất xây dựng hai cống ngăn triều chống ngập là cống Cái Khế và cống Hàng Bàng. Trong các công trình cống ngăn triều, cửa van là một phận đóng vai trò quan trọng trong việc điều tiết dòng chảy, điều chỉnh mực nước và lưu lượng qua công trình. Với chức năng như trên, xác định áp lực thủy tĩnh là một phần không thể thiếu trong các tính toán thiết kế cửa van. Tuy nhiên, khi thiết kế các cửa van cung, các kỹ sư chỉ tính toán tại một số vị trí với khẩu độ mở cửa nhất định. Vì vậy, cần có các phương pháp mô phỏng để có thể xác định áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung cho vị trí bất kỳ của cửa van trong quá trình vận hành đóng mở cửa.

Các nghiên cứu về sử dụng mô hình toán để xác định áp lực lên cửa van vẫn còn hạn chế như nghiên cứu xác định áp lực thủy động

lên cửa sập trực dưới của Cao Văn Chan và Trịnh Công Vấn (2104) [3]. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã sử dụng mô hình thủy lực ba chiều Flow-3D để mô phỏng áp lực thủy động lên cửa van kiểu sập trực dưới cho các cống thuộc dự án chống ngập Thành phố Hồ Chí Minh và so sánh kết quả mô phỏng với kết quả thực đo trong quá trình vận hành các cống. Filip và Valentino (2015) [4] đã sử dụng phần mềm Fluent để tính toán lực thủy động tác dụng lên cửa van cung. Các kết quả tính toán từ mô hình Fluent được sử dụng để so sánh với các số liệu thiết kế của các cửa van khác có thông số thiết kế tương tự và cho kết quả so sánh có độ tương đồng cao.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

\* Liên hệ tác giả: dvduy@ctu.edu.vn

Nhận ngày 09/10/2022, giải trình ngày 22/11/2022, chấp nhận đăng 14/12/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2022.419>

Đối với phương pháp công thức thực nghiệm cho cửa van cung, Trương Đình Dụ và Nguyễn Đăng Cường (2005) [5] đã đề xuất công thức tính toán áp lực thủy động lên cửa van cung theo lý thuyết thể năng dòng chảy. Trong nghiên cứu của Trương Đình Dụ và Nguyễn Đăng Cường (2005), mô hình vật lý được sử dụng để kiểm định kết quả lý thuyết.

Mặc dù đã có các nghiên cứu về sử dụng mô hình thủy lực trong mô phỏng áp lực thủy tĩnh tác động lên cửa van cung. Các nghiên cứu này chủ yếu chỉ được thực hiện ở các nước phát triển và còn khá hạn chế ở Việt Nam và ĐBSCL. Vì vậy, nghiên cứu này sẽ tập trung mô phỏng áp lực thủy động lên cửa van cung công trình cống Hàng Bàng. Khu vực nghiên cứu là cống Hàng Bàng được xây dựng trên rạch Hàng Bàng thuộc quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ (Hình 1).

**2. Phương pháp nghiên cứu**

**2.1. Thu thập số liệu thứ cấp**

Các số liệu thứ cấp về mực nước, lưu lượng, địa hình, địa chất và điều kiện vận hành cửa van cống Hàng Bàng được lấy theo tài liệu thiết kế cống Hàng Bàng thuộc Dự án Phát triển thành phố Cần Thơ và tăng cường khả năng thích ứng đô thị. Các số liệu và nguồn thu thập số liệu thập được trình bày trong Bảng 1.

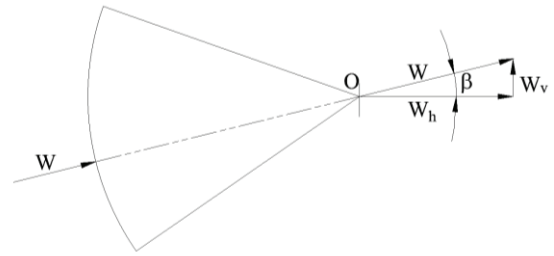
Bảng 1. Số liệu thứ cấp và các nguồn thu thập số liệu.

STT	Số liệu	Nguồn	Năm
1	Mực nước [6]	Ban quản lý dự án ODA thành phố Cần Thơ	2018
2	Lưu lượng [6]	Ban quản lý dự án ODA thành phố Cần Thơ	2018
3	Địa hình lòng dẫn khu vực thi công cống Hàng Bàng [7]	Ban quản lý dự án ODA thành phố Cần Thơ	2018
4	Địa chất khu vực thi công cống Hàng Bàng [8]	Ban quản lý dự án ODA thành phố Cần Thơ	2018
5	Bản vẽ thiết kế thi công cống Hàng Bàng [9]	Ban quản lý dự án ODA thành phố Cần Thơ	2019

**2.2. Tính toán áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung bằng công thức**

Theo Erbisti (2014) [10], lực thủy tĩnh tác động lên bản mặt thượng lưu của cửa van cung được phân tích thành hai thành phần như Hình 2:

$$W = \sqrt{W_h^2 + W_v^2} \tag{1}$$



Hình 2. Lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung (theo Erbisti, 2014).

Với:

b: góc hợp bởi phương của lực thủy tĩnh và phương ngang;

Wh: là thành phần lực thủy tĩnh theo phương ngang;

$$W_h = \gamma \cdot B \cdot h \cdot \left( H - \frac{h}{2} \right) \tag{2}$$

Wv: là thành phần lực thủy tĩnh theo phương đứng;

$$W_v = \gamma \cdot B \cdot R \cdot \begin{bmatrix} D_m(\cos \alpha_s - \cos \alpha_i) \\ + R(\alpha_i - \alpha_s)/2 + \\ R(\sin \alpha_s \cos \alpha_s - \\ \sin \alpha_i \cos \alpha_i)/2 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\alpha_s = \arcsin(D_s/R) \tag{4}$$

$$\alpha_i = \arcsin(D_i/R) \tag{5}$$

Trong đó:

W: là lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung (KN)

Wh: là thành phần lực thủy tĩnh theo phương ngang (KN)

Wv: là thành phần lực thủy tĩnh theo phương đứng (KN)

γ: là trọng lượng riêng của nước, γ = 9.81 KN/m<sup>3</sup>

H: là chiều cao cột phía thượng lưu (m)

h: là chiều cao chắn nước của cửa van (m)

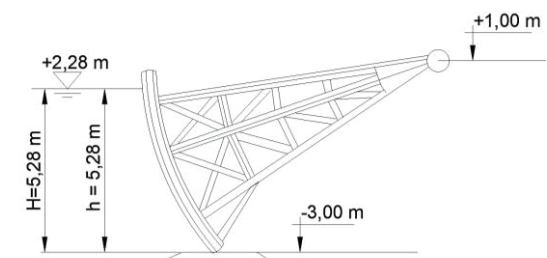
B: là bề rộng của cửa van (m)

Dm: là khoảng cách thẳng đứng từ cao trình mực nước thượng lưu tới tâm quay của cửa van (m)

Ds: là khoảng cách thẳng đứng từ tâm quay của cửa van đến đỉnh cửa van (trường hợp cửa ngập trong nước) hoặc cao trình mực nước thượng lưu (trường hợp đỉnh cửa nằm trên mực nước (m).

Di: là khoảng cách thẳng đứng từ tâm quay của cửa van tới ngưỡng đáy (m);

Trong nghiên cứu này, lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cống Hàng Bàng sẽ được tính toán với các khẩu độ mở cửa khác nhau (α = 0° - 35°) áp dụng cho trường hợp vận hành với mực nước thượng lưu bằng + 2,28 m như trên Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ tính lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung cống Hàng Bàng trường hợp đóng cống (α = 0°).

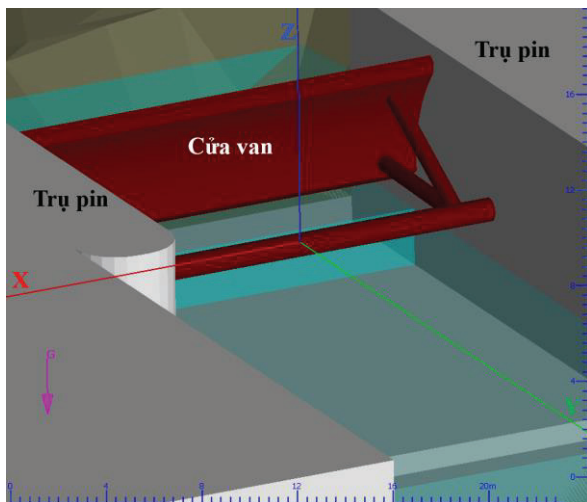
2.3. Tính toán áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung bằng phần mềm Flow-3D

Trong nghiên cứu này, chức năng mô phỏng phần tử chuyển động (General Moving Object – GMO) của Flow-3D sẽ được sử dụng để mô phỏng chuyển động của cửa van cung cống Hàng Bàng. Các bước khai báo chuyển động cho phần tử bao gồm: (1) kích hoạt mô hình GMO; (2) tạo mô hình vật thể chuyển động; (3) gán các thông số chuyển động của vật thể (vận tốc; góc quay, ...) và (4) gán trọng lượng riêng cho vật liệu; Các thông số khai báo cho phần tử chuyển động cửa van cung cống Hàng Bàng được lấy như trong Bảng 2.

**Bảng 2.** Các thông số khai báo cho chuyển động của cửa van cung cống Hàng Bàng.

TT	Thông số		Giá trị
1	Góc quay (độ)		35
2	Tâm quay	x (m)	-
		y (m)	382
		z (m)	1,3
3	Vận tốc quay của cửa (rad/s)		0,0026
4	Khối lượng riêng của vật liệu làm cửa (kg/m <sup>3</sup> )		7850
5	Độ nhám thủy lực - n		0,011

Các thông số quy định chuyển động của cửa van cung cống Hàng Bàng được lấy theo hệ trục tọa độ như trong Hình 4.

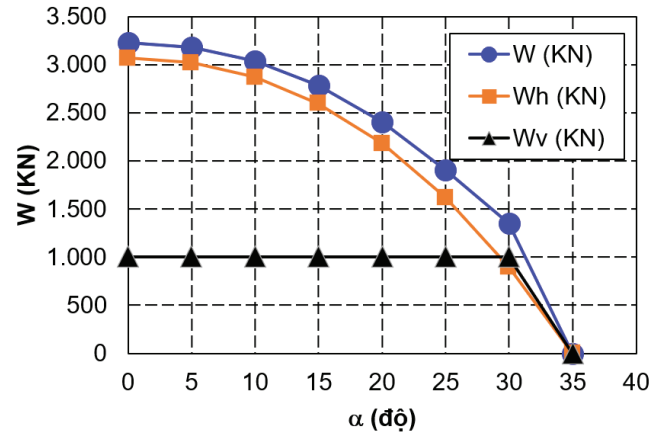


**Hình 4.** Hệ tọa độ quy ước cho chuyển động của cửa van cống Hàng Bàng.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính toán lực thủy tĩnh lên cửa van bằng công thức thực nghiệm

Kết quả tính toán áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung cống Hàng Bàng được thể hiện như trên Hình 5.



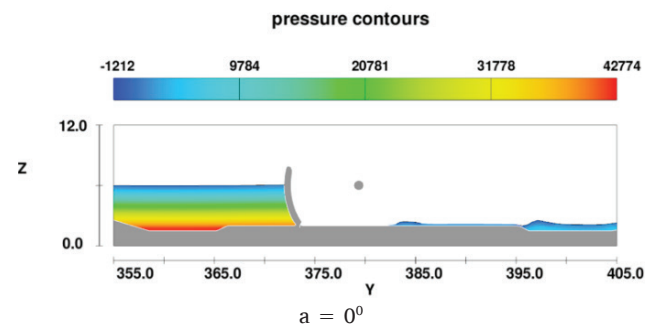
**Hình 5.** Lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung cống Hàng Bàng theo công thức.

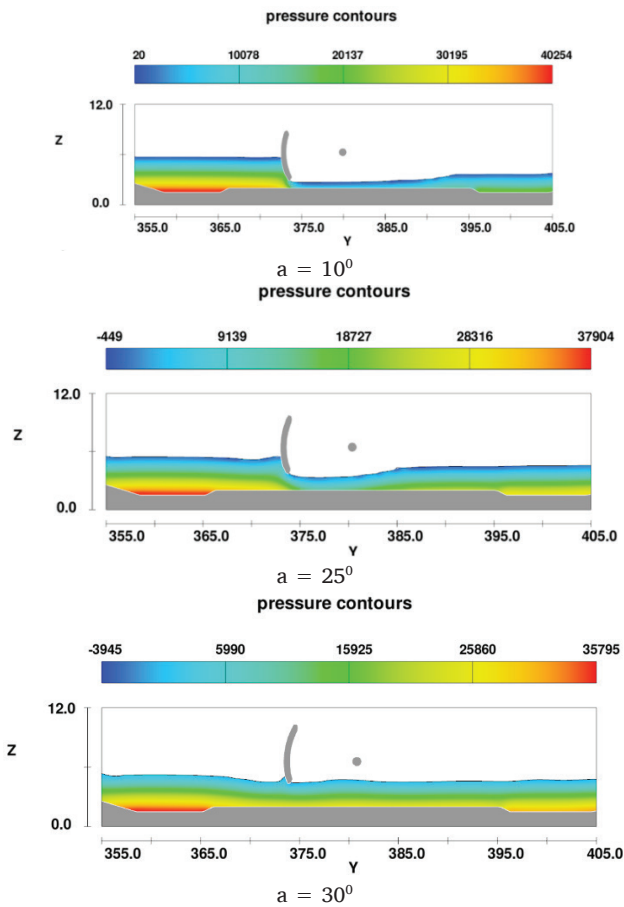
Các kết quả tính toán ứng với các góc quay cửa từ 0<sup>0</sup> đến 35<sup>0</sup> độ theo thang chia 5<sup>0</sup>. Có thể nhận thấy thành phần lực thủy tĩnh theo phương ngang (Wh) chiếm ưu thế và quyết định đến sự thay đổi của lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van. Lực thủy tĩnh theo phương thẳng đứng (Wv) không thay đổi trong suốt quá trình nâng cửa van và xấp xỉ bằng 1000 KN. Trong quá trình nâng cửa van, chiều cao cột nước tác dụng lên tôn bưng của cửa van giảm dần và kéo theo sự suy giảm lực thủy tĩnh tác dụng theo phương ngang lên cửa van. Tại góc quay a = 35<sup>0</sup>, toàn bộ cửa van được nâng lên khỏi mặt nước nên lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van bằng 0.

3.2. Kết quả mô phỏng áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung bằng mô hình Flow-3D

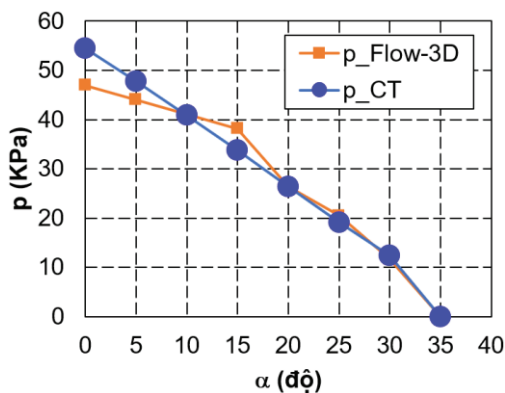
Một số mặt cắt mô phỏng áp lực thủy tĩnh lên cửa van cung cống Hàng Bàng với các góc mở khác nhau được mô tả như trên Hình 6. Có thể thấy áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van có cùng xu hướng với áp lực thủy tĩnh với giá trị giảm dần trong quá trình nâng cửa lên.

So sánh áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung cống Hàng Bàng bằng phương pháp công thức và phương pháp mô hình được mô tả như trên Hình 7. Có thể nhận thấy kết quả tính toán bằng công thức và bằng mô hình có sự tương đồng khá lớn.





Hình 6. Một số mặt cắt mô phỏng áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung công Hàng Bàng (đơn vị: Pa).



Hình 7. Áp lực tác dụng lên cửa van cung công Hàng Bàng theo công thức ( $p_{CT}$ ) và mô hình Flow-3D ( $p_{Flow-3D}$ ).

#### 4. Kết luận

Mô hình thủy lực ba chiều Flow-3D đã được sử dụng để mô phỏng áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung công trình cống Hàng Bàng thuộc Dự án Phát triển thành phố Cần Thơ và tăng cường khả năng thích ứng đô thị. Kết quả mô phỏng bằng mô hình Flow-3D được so sánh với kết quả tính toán bằng công thức thực nghiệm. Các kết quả

tính toán bằng hai phương pháp có sự tương đồng cao nên có thể kết luận mô hình Flow-3D có thể sử dụng để mô phỏng áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cửa van cung trong các công trình thủy lợi.

#### Lời cảm ơn

Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Công ty Flow Science, Inc. đã cung cấp bản quyền miễn phí phần mềm Flow-3D (Hydro) cho Khoa Công Nghệ - Trường Đại học Cần Thơ (hiện nay là Trường Bách Khoa - Trường Đại học Cần Thơ) nhằm phục vụ mục tiêu đào tạo và nghiên cứu.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Huy, N.N., et al. Planning for peri-urban development and flooding issues: The story of new urban areas in Can Tho City. **2018**.
- [2]. Binh, D.V., et al. Long-term alterations of flow regimes of the Mekong River and adaptation strategies for the Vietnamese Mekong Delta. *Journal of Hydrology: Regional Studies* **2020**, *32*, 100742, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrh.2020.100742>.
- [3]. Chan, C.V. and T.C. Vần. Xác định áp lực thủy động tác động lên cửa van cống kiểu sập trực dưới. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2014**, *45*, 32-36.
- [4]. Stojkovski, F. and V. Stojkovski. CFD analysis of the hydrodynamic forces and flow frequency of tainter gate. *International Conference & Workshop REMOO-2015* **2015**, 1-11.
- [5]. Dụ, T.Đ. and N.Đ. Cường. *Công trình thủy lợi*; Nhà xuất bản Nông nghiệp: Hà Nội, 2005; Volume 4, p. 187.
- [6]. Cường, P.H. Báo cáo thủy lực. *Gói thầu: TV3-CT17: Tư Vấn khảo sát, thiết kế âu thuyền Cái Khế - Hàng Bàng, thành phố Cần Thơ* **2018**, 60.
- [7]. Hải, N.V. Báo cáo khảo sát địa hình. *Gói thầu: TV3-CT17: Tư Vấn khảo sát, thiết kế âu thuyền Cái Khế - Hàng Bàng, thành phố Cần Thơ* **2018**.
- [8]. Thành, T.Đ. Báo cáo khảo sát địa chất. *Gói thầu: TV3-CT17: Tư Vấn khảo sát, thiết kế âu thuyền Cái Khế - Hàng Bàng, thành phố Cần Thơ* **2018**, 96.
- [9]. Cường, P.H. Thuyết minh thiết kế bản vẽ thi công. *Gói thầu: TV3-CT17: Tư Vấn khảo sát, thiết kế âu thuyền Cái Khế - Hàng Bàng, thành phố Cần Thơ* **2019**, 120.
- [10]. Erbisti, P.C.F. *Design of Hydraulic Gates*, 2nd ed.; CRC Press: London, 2014; p. 442.