

ĐẶC TRƯNG NỐI TIẾP NƯỚC NHẢY TRÊN LÒNG DẪN PHI LĂNG TRỤ CÓ ĐỘ DỐC LỚN

ThS. Lê Thị Việt Hà

Trường đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Nhiều hiện tượng nước nhảy đã được nghiên cứu trên thế giới, tuy nhiên, công trình nghiên cứu đề cập đến hiện tượng nước nhảy trên lòng dẫn phi lăng trụ đáy dốc chưa có nhiều. Do đó bài báo này muốn đề cập đến vấn đề nói trên.

Từ khóa: Nước nhảy, lòng dẫn phi lăng trụ, đáy dốc

Abstract: Many hydraulic jump phenomena have been studied in the world, however, there is no research refers to hydraulic jump in non-prismatic channel with slope bottom. Therefore, the article refers to the above problem.

Key words: Hydraulic jump, non – prismatic channel, slope bottom.

I. MỞ ĐẦU¹

Hiện tượng nối tiếp bằng nước nhảy đáy trong lòng dẫn hở với các đặc trưng cơ bản của nó đã có rất nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam, như P. K Tsvetkov, M. Đ Trectousov, I Pikalov, Dumitru Dumitrescu và Ernest Rawzvan, M.A Mikhailiev, Rajaratram, Abdul Khader, G.H Kosiakova, Hoàng Tư An, Nguyễn Văn Mạo, Nguyễn Văn Đăng. Còn trong khu vực chảy quá độ từ không áp sang có áp xuất hiện hiện tượng nối tiếp bằng nước nhảy đáy trong đường hầm có áp, thường được gọi là nước nhảy trong đường ống có áp (lòng dẫn kín), có thể kể đến các nghiên cứu của K.V Kiseliev, Hoàng Văn Quý, v.v.. [2, 10, 11]. Nước nhảy trên kênh đáy nhám cũng có nhiều công trình nghiên cứu, như của M. A Mikhailiev, Nguyễn Văn Đăng, Nguyễn Đình Bảo [2, 12]. Cùng rất nhiều các kết quả nghiên cứu của nhiều nhà thủy lực khác [1-6,12].

Tuy nhiên các công trình nghiên cứu này mới

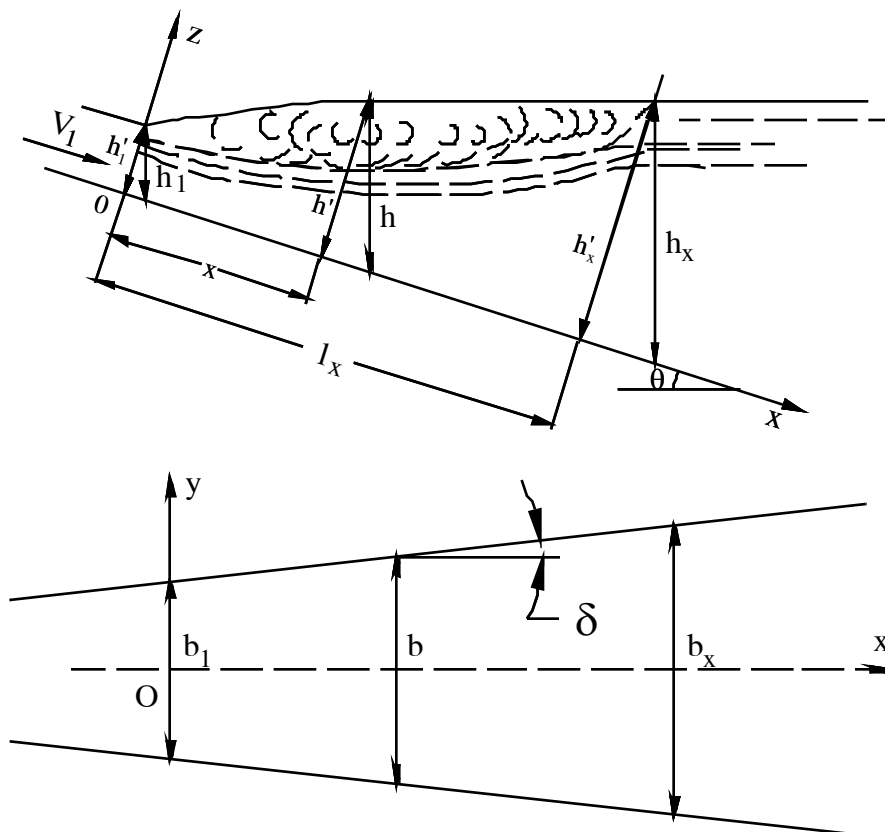
chỉ tập trung vào các trường hợp nối tiếp bằng nước nhảy cho một trong các trường hợp: lòng dẫn lăng trụ đáy bằng; lòng dẫn phi lăng trụ đáy bằng [13]; lòng dẫn lăng trụ đáy dốc; lòng dẫn lăng trụ đáy có độ dốc thay đổi và không gian mở rộng đột ngột đáy bằng. Với các phương pháp nghiên cứu bao gồm: giải tích, thực nghiệm, phương pháp số, kết hợp hai trong ba phương pháp trên.

Như vậy hiện tượng nước nhảy nước nhảy đáy trên lòng dẫn phi lăng trụ mở rộng dần có đáy dốc chưa được đề cập đến. Trong bài báo này bằng phương pháp giải tích kết hợp với thực nghiệm vấn đề nước nhảy trong điều kiện trên được nghiên cứu.

II. SƠ ĐỒ BÀI TOÁN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài toán nước nhảy trên kênh phi lăng trụ trên đáy dốc được nghiên cứu có sơ đồ như Hình 1

Người phân biên: PGS. TS. Lê Văn Nghị



Hình 1: Sơ đồ bài toán nước nhảy trên lòng dẫn phi lăng trụ đáy dốc

Ở hình trên có:

h_1', h_1, b_1 : Chiều sâu dòng chảy vuông góc với lòng dẫn, chiều sâu dòng chảy theo phương đứng bề rộng lòng dẫn trước nước nhảy;

h', h, b : Chiều sâu dòng chảy vuông góc với lòng dẫn, chiều sâu dòng chảy theo phương đứng bề rộng lòng dẫn trong khu xoáy;

h_2', h_2, b_2 : Chiều sâu dòng chảy vuông góc với lòng dẫn, chiều sâu dòng chảy theo phương đứng bề rộng lòng dẫn sau khu xoáy;

$2\delta, i$: Góc mở rộng của đáy lòng dẫn, độ dốc đáy của lòng dẫn;

l_x : Chiều dài khu xoáy mặt.

Ox, Oy, Oz : Các trục tọa độ theo hình 1.

Phương pháp nghiên cứu trong bài toán này là kết hợp giữa nghiên cứu bằng giải tích và thực nghiệm trên mô hình vật lý:

- Nghiên cứu bằng giải tích nhằm xây dựng các công thức giải tích để xác định một số đặc trưng của hiện tượng nối tiếp chảy đáy trên lòng dẫn phi lăng trụ, đáy dốc.

- Phương pháp nghiên cứu bằng thực nghiệm nhằm kiểm chứng các công thức được thiết lập.

III. THIẾT LẬP CÔNG THỨC TÍNH TOÁN CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA NƯỚC NHẢY TRÊN KÊNH PHI LĂNG TRỤ, CÓ ĐỘ DỐC LỚN

III.1 Các giả thiết và cơ sở toán học

Hiện tượng nước nhảy trên lòng dẫn phi lăng trụ mở rộng dần đáy dốc được nghiên cứu dựa vào một số giả thiết và cơ sở toán học sau:

1. Nước nhảy được coi là một dòng tia tự do ở nửa không gian trên có đáy không thấm nước, không gian hữu hạn mở rộng dần với góc mở lòng dẫn $2\delta = const$;

2. Phân bố lưu tốc theo Schlichting:

$$\frac{u - u_n}{u_m - u_n} = (1 - \eta^{3/2})^2 = f(\eta); \quad \eta = \frac{z}{h'} \quad (3.1)$$

(u_n, u_m : thành phần lưu tốc mặt và lưu tốc lớn nhất ở đáy lòng dẫn trong khu vực nước nhảy) [2];

3. Lưu lượng không thay đổi theo thời gian

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \right) \quad (3.2)$$

4. Dòng chảy liên tục:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial t} = 0 \right) \quad (3.3)$$

không xét đến ảnh hưởng của hàm khí trong khu vực nước nhảy;

5. Đáy lòng dẫn nhẵn lý tưởng do đó có thể bỏ qua lực ma sát; Bỏ qua chiều dày lớp biên sát thành, $\delta_i = 0$;

6. Mặt cắt ngang dòng chảy hình chữ nhật:

$$S = Bh = bh; \quad \frac{\partial b}{\partial z} = 0 \quad (3.4)$$

7. Áp suất phân bố theo quy luật thủy tĩnh:

$$p = \gamma h \quad (3.5)$$

8. Lực khối là trọng lực:

$$F_x = gi \quad (3.6)$$

9. Các đại lượng trung bình theo phương ngang 0y có giá trị như nhau tại mọi điểm.

Từ các giả thiết trên, hệ phương trình cơ bản của dòng tia được viết cho không gian có giới hạn với chiều rộng B có dạng:

- Tích phân Karman:

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_s u^2 dS = \int_s F_x dS - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \quad (3.7)$$

- Phương trình Reynolds hai chiều đứng mở rộng

$$u \frac{\partial (bu)}{\partial x} - \left[\frac{1}{b} \int_0^z \frac{\partial (bu)}{\partial x} dz \right] \frac{\partial (bu)}{\partial z} = \\ = gib - g \frac{\partial (bh')}{\partial x} - 2l^2 b \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (3.8)$$

trong đó:

F_x : Lực khối đơn vị theo phương vuông góc với trục Ox; $F_x = gi$;

u, w : thành phần lưu tốc trung bình thời gian theo phương x và z;

l: chiều dài xáo trộn rối theo giả thuyết Prandtl [2];

b: bề rộng mặt thoáng và đáy của dòng chảy trong lòng dẫn;

P: áp lực thủy tĩnh.

III.2. Độ sâu dòng chảy trong khu xoáy và nước nhảy

Tích phân Karman (3.7) khi dòng chảy ổn định trên kênh đáy dốc được biến đổi về dạng

$$\int_s u^2 dS + \frac{P}{\rho} = \int_0^x (giS) dx + C = \int_0^x (gibh') dx + C$$

Phân bố lưu tốc theo Schlichting (3.1), đặt

$m_o = \frac{u_n}{u_m}$ được viết lại dưới dạng

$$u = u_m [(1 - m_o) f(\eta) + m_o]$$

Giả thiết độ sâu h' biến đổi theo hình dạng:

$$h' = h_1' + \frac{x}{k_1} \quad (3.11)$$

Hệ số k_1 được chọn sao cho trọng lượng khối nước được giới hạn bởi đáy lòng dẫn và mặt thoáng bằng trọng lượng khối nước tính theo đường (3.11) và đáy. Hệ số này được xác định bằng thực nghiệm. Mặt khác hệ số k_1 cũng có thể tìm được nhờ phương pháp gần đúng của Bogomolov A.I. Trong bài báo này, hệ số k_1 , lấy như với kênh lằng trụ. Các tài liệu thí nghiệm trên mô hình cho thấy hệ số k_1 tính cho kênh phi lằng trụ có thể chấp nhận được theo công thức [2]:

$$k_1 = 4 - \frac{3i}{1 + 2i(1 - 2i)} \quad (3.12)$$

Điều kiện biên bài toán như sau:

* Tại mặt cắt đầu nước nhảy $x = 0, h = h_1$;

* Tại mặt cắt cuối khu xoáy mặt

$x = l_x, h = h_x$;

* Tại mặt cắt cuối nước nhảy $x = l_2, h = h_2$.

Thay phương trình (3.10), (3.11) vào tích phân Karman (3.9), sau một vài phép biến đổi thu được phương trình tính độ sâu sau khu xoáy:

$$gb^2h^3(ik_1 - 1) + bh'(2V_1^2b_1h_1' + gb_1h_1'^2 - gibk_1h_1'^2) \quad (3.13)$$

$$- 2V_1^2h_1'^2b_1^2\alpha_m = 0$$

$$\text{với } \alpha_m = 1,56 \frac{(1,32m_o^2 + 0,852m_o + 1)}{(1 + 1,22m_o)^2} \quad (3.14)$$

Ở cuối khu xoáy $m_o = 0, \alpha_m = 1,56$, tại vị trí dòng chảy sau nước nhảy ổn định $m = 1, \alpha_m = 1,0$ [2].

Chia phương trình (3.13) cho số hạng $gb_1^2h_1'^2$; đặt:

$$Fr_1^2 = \frac{V_1^2}{gh}; \quad \beta = \frac{b}{b_1}; \quad \eta_h = \frac{h}{h_1} = \frac{h'}{h_1'}; \quad \xi = \frac{h_1'}{b_1};$$

công thức (3.13) có dạng không thứ nguyên:

$$\left. \begin{aligned} \eta_h^3 - (2\beta F + G)\eta_h + 2\alpha_m F &= 0 \\ F &= \frac{Fr_1^2}{(1 - ik_1)\beta^2}; G = \frac{(1 - ik_1)\beta}{(1 - ik_1)\beta} \end{aligned} \right\} \quad (3.15)$$

III.3 Chiều dài khu xoáy và chiều dài nước nhảy:

Sử dụng phương trình Reynolds mở rộng (3.8) với giả thiết $u \approx u_m f(\eta)$ và lòng dẫn mở rộng

dần có góc mở δ nên $\frac{db}{dx} = 2tg\delta$:

$$\left. \begin{aligned} \left[\frac{4tg\delta - 6,36tg\delta ik_1}{b(1 - k_1i)} k_1 h'^3 + \frac{(1,1ik_1 + 0,9)}{(1 - k_1i)} h'^2 - \frac{6,36a_1^2 k_1 tg\delta}{b} h'^{1,1} a_1^2 \right] dh' &= 0,45(a_1^2 + \varepsilon_1^2 h'^2) dx \\ \varepsilon_1^2 &= \frac{4,45i}{1 - k_1i} - 1 \\ a_1 &= h_1' \sqrt{(2\beta F + G)} \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

Thông số ε_1^2 nhận giá trị dương khi $i \geq 0,13$, còn với $0 \leq i < 0,13$ thì $\varepsilon_1^2 < 0$, lúc này hệ phương trình (3.17) và (3.18) được biến đổi như sau:

$$\left. \begin{aligned} \left[\frac{(4 - 6,36ik_1) k_1 tg\delta}{b(1 - k_1i)} \frac{h^3}{(a_1^2 - h^2)} + 0,9 \frac{h^2}{(a_1^2 - h^2)} - \frac{6,36a_1^2 k_1 tg\delta}{b} \frac{h'}{(a_1^2 - h^2)} + 1,1a_1^2 \frac{1}{(a_1^2 - h^2)} \right] dh' &= 0,45 dx \\ a_1 &= h_1' \sqrt{(2\beta F + G)} \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

Kết hợp các phương trình (3.15), (3.19), (3.20) được các kết quả sau

$$\begin{aligned} & [u_m f(\eta')] \frac{\partial \{b[u_m f(\eta')]\}}{\partial x} \\ & - \left[\frac{1}{b} \int_0^z \frac{\partial \{b[u_m f(\eta')]\}}{\partial x} dz \right] \frac{\partial \{b[u_m f(\eta')]\}}{\partial z} = \quad (3.16) \\ & = gib - g \frac{\partial (bh')}{\partial x} - \\ & - 2l^2 b \frac{\partial [u_m f(\eta')]}{\partial z} \frac{\partial^2 [u_m f(\eta')]}{\partial z^2} \end{aligned}$$

Đặt:

$$A = [f(\eta)]^2;$$

$$B = \frac{d[f(\eta)]}{dz} \int_0^h [f(\eta)] dz = \frac{d[f(\eta)]}{d\eta'} \int_0^1 [f(\eta)] d\eta;$$

$$C = 4k^2 \frac{d[f(\eta)]}{d\eta} \frac{d^2[f(\eta)]}{d\eta^2}; \quad k = \frac{1}{h}$$

Thay vào phương trình (3.16) được:

$$\begin{aligned} & b(A - B) \frac{du_m^2}{dx} + 4(A - B)u_m^2 tg\delta - 2u_m^2 \frac{b}{h'} \frac{dh'}{dx} B \quad (3.17) \\ & = 2bgi - 2g(b \frac{dh'}{dx} + 2h'tg\delta) - C \frac{b}{h'} u_m^2 \end{aligned}$$

Từ công thức tích phân Karman (3.7) tìm được biểu thức tính u_m^2 :

$$\begin{aligned} u_m^2 &= \frac{g}{0,632h'} \left(\frac{2V_1^2 b_1 h_1'}{gb} + \frac{h_1'^2 b_1}{b} - h'^2 \right) = \quad (3.18) \\ &= \frac{g}{0,632h'} (a^2 - h'^2); \quad a^2 = h_1'^2 \left(\frac{2Fr_1^2 + 1}{\beta} \right) \end{aligned}$$

Giải hệ phương trình (3.17) và (3.18) thu được phương trình tính sự biến đổi của độ sâu dọc theo chiều dài dòng chảy, qua một vài phép biến đổi tìm được phương trình vi phân thường dưới các dạng sau

III.3.1 Các đặc trưng của khu xoáy trong lòng dẫn phi lăng trụ đáy dốc với $i \geq 0,13$:

Đặt:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{2 - 3,18ik_1}{\beta(1 - k_1i)} \frac{\xi k_1 \text{tg} \delta}{\varepsilon_1^2} \\ B_1 &= \frac{(1,1ik_1 + 0,9)}{(1 - k_1i)\varepsilon_1^2} \\ C_1 &= - \left(\frac{A_1 E^2}{\varepsilon_1^2} + \frac{6,36\xi E^2 k_1 \text{tg} \delta}{\beta \varepsilon_1^2} \right) \\ D_1 &= \frac{(1,1 - B_1)E}{\varepsilon_1} \\ E &= \sqrt{(2\beta F + G)} = \frac{a_1}{h_1'} \end{aligned} \right\} \quad (3.21)$$

Tích phân hai vế phương trình (3.19) thu được quy luật thay đổi hình dạng trung bình của mặt thoáng trong khu vực nước nhảy:

$$\begin{aligned} A_1(\eta_h^2 - 1) + B_1(\eta_h - 1) + C_1 \ln \frac{E^2 + (\varepsilon_1 \eta_h)^2}{E^2 + \varepsilon_1^2} + \\ + D_1 \arctg \frac{\varepsilon_1 E (\eta_h - 1)}{E^2 + \varepsilon_1^2 \eta_h} = 0,45 \frac{x}{h_1'} \end{aligned} \quad (3.22)$$

Các đặc trưng chiều dài và độ sâu khu xoáy của nước nhảy khi thay $x = l_x$, $\eta = \eta_x$ vào (3.15) và (3.22) với $\alpha_m = 1,56$ thu được các công thức:

$$\left. \begin{aligned} A_1(\eta_x^2 - 1) + B_1(\eta_x - 1) + C_1 \ln \frac{E^2 + (\varepsilon_1 \eta_x)^2}{E^2 + \varepsilon_1^2} + \\ + D_1 \arctg \frac{\varepsilon_1 E (\eta_x - 1)}{E^2 + \varepsilon_1^2 \eta_x} = 0,45 \frac{l_x}{h_1'} \\ \eta_x = \frac{h_x'}{h_1'} = \frac{h_x}{h_1} = \frac{2E}{\sqrt{3}} \cos \frac{\alpha}{3}; \\ \cos \alpha = \frac{8,2F}{(2\beta F + G)^{1,5}} \end{aligned} \right\} \quad (3.23)$$

III.3.2 Các đặc trưng của khu xoáy trong lòng dẫn phi lăng trụ đáy dốc với $0 \leq i < 0,13$:

Đặt:

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= \frac{(3,18ik_1 - 2)k_1 \xi \text{tg} \delta}{\beta(1 - k_1i)} \\ C_2 &= \frac{1,18E^2 \xi k_1 \text{tg} \delta}{\beta(1 - k_1i)} \end{aligned} \right\} \quad (3.24)$$

Tích phân hai vế phương trình (3.20) được quy luật thay đổi hình dạng trung bình của mặt thoáng trong khu vực nước nhảy:

$$\begin{aligned} A_2(\eta_h^2 - 1) - 0,9(\eta_h - 1) + C_2 \ln \frac{E^2 - \eta_h^2}{E^2 - 1} + \\ + E \ln \frac{(E + \eta_h)(E - 1)}{(E - \eta_h)(E + 1)} = 0,45 \frac{x}{h_1'} \end{aligned} \quad (3.25)$$

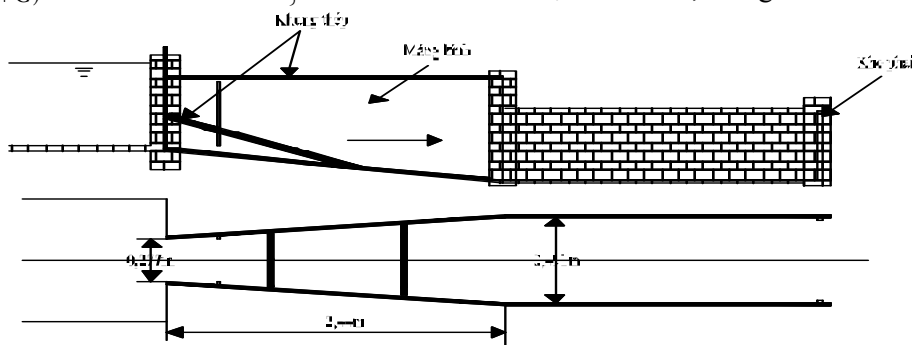
Với cách làm tương tự như khi $i \geq 0,13$, sử dụng (3.15) và (3.25) ta thu được:

$$\left. \begin{aligned} A_2(\eta_x^2 - 1) + B_2(\eta_x - 1) + C_2 \ln \left| \frac{E^2 - \eta_x^2}{E^2 - 1} \right| + \\ + E \ln \left| \frac{(E + \eta_x)(E - 1)}{(E - \eta_x)(E + 1)} \right| = 0,45 \frac{l_x}{h_1'} \\ \eta_x = \frac{h_x'}{h_1'} = \frac{h_x}{h_1} = \frac{2E}{\sqrt{3}} \cos \frac{\alpha}{3}; \\ \cos \alpha = \frac{8,2F}{(2\beta F + G)^{1,5}} \end{aligned} \right\} \quad (3.26)$$

IV. KIỂM CHỨNG CÔNG THỨC BẰNG KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM:

IV.1. Mô hình vật lý được xây dựng:

Mô hình thí nghiệm được xây dựng tại sân bãi ngoài trời của phòng thí nghiệm thủy lực trường đại học Thủy lợi. Sơ đồ mô hình được thể hiện ở Hình 2, bao gồm:



Hình 2: Sơ đồ mô hình thủy lực để thí nghiệm kiểm chứng công thức được thiết lập

- Phần cửa vào của mô hình là một bể chứa được xây dựng bằng gạch xây, có đặt cửa van điều chỉnh độ mở tại vị trí tiếp giáp với kênh phi lăng trụ

- Phần kênh phi lăng trụ mở rộng dần, được xây dựng bằng kính hữu cơ có độ nhám $n = 0.08 - 0.09$, dày 10mm, chiều dài máng là 2,44m với bề rộng cửa vào là 0,277m, cửa ra là 0,491m. Toàn bộ phần kênh phi lăng trụ được đặt trên giá đỡ bằng thép đảm bảo ổn định và không bị biến dạng trong quá trình thí nghiệm. Với việc đặt máng trên khu đỡ bằng thép cho phép dễ dàng thay đổi độ dốc của máng khi thí nghiệm. Đoạn kênh phi lăng trụ này có thể quan sát được nước nhảy, các khu xoáy, các diễn biến thủy lực xuất hiện trong máng bằng mắt thường và cho phép đo đạc các đặc trưng của nước nhảy bởi sự trong suốt của kính hữu cơ.

- Phần cửa ra của mô hình là máng lăng trụ được xây bằng gạch xây trát vữa xi măng có đánh bóng bề rộng 0,491m; chiều dài 1,5m; ở

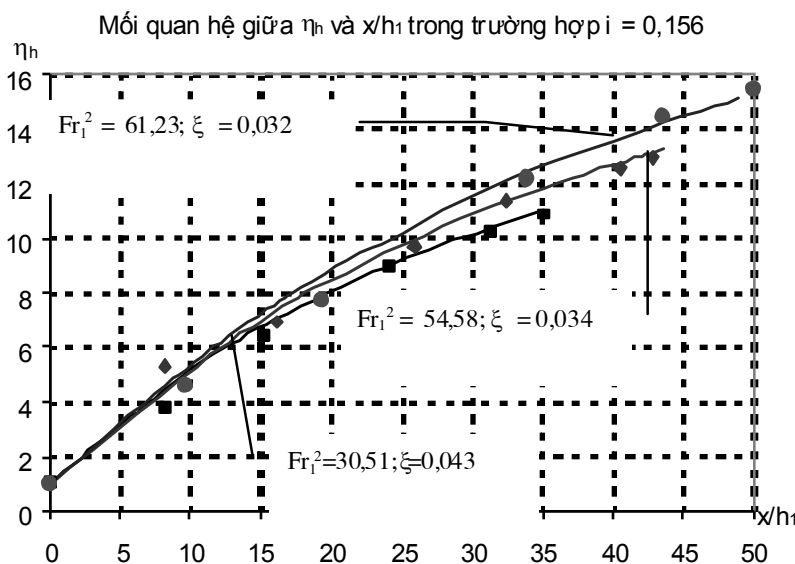
cuối có cửa van dạng phai để điều chỉnh mực nước hạ lưu.

Các thí nghiệm được thực hiện với 2 độ dốc lòng dẫn là $i_1 = 0,156$ và $i_2 = 0,036$, với số Fround ở mặt cắt đầu nước nhảy Fr_1^2 thay đổi trong khoảng 20 đến 62.

Thiết bị đo đạc gồm máy đo lưu tốc, kim đo độ sâu, thước thép có độ chính xác cao cùng với các thiết bị khác có độ chính xác theo yêu cầu của tiêu chuẩn thí nghiệm mô hình thủy lực công trình đầu mối thủy lợi thủy điện TCVN 8214-2009.

IV.2 **Kết quả kiểm chứng công thức với lòng dẫn phi lăng trụ đáy dốc $i \geq 0,13$:**

Tác giả tiến hành thí nghiệm trên mô hình với nhiều trường hợp nước nhảy trên kênh phi lăng trụ có độ dốc lòng dẫn $i = 0,156$, các kết quả thí nghiệm được loại bỏ sai số thô, thiết lập các đại lượng không thứ nguyên so sánh giữa công thức lý thuyết, kết quả thể hiện trên Hình 3.:



Hình 3: Mối quan hệ giữa chiều sâu tương đối $\eta_h = \frac{h'}{h_1} = \frac{h}{h_1}$ và chiều dài tương đối $\frac{x}{h_1}$ trong trường hợp $i = 0,156$

Từ đồ thị hình 3 ở trên nhận thấy mối quan hệ giữa chiều sâu tương đối $\eta_h = \frac{h'}{h_1} = \frac{h}{h_1}$ và chiều dài tương đối $\frac{x}{h_1}$ thu được từ kết quả thí

nghiệm hoàn toàn phù hợp với công thức giải tích (3.22), (3.23) tìm được.

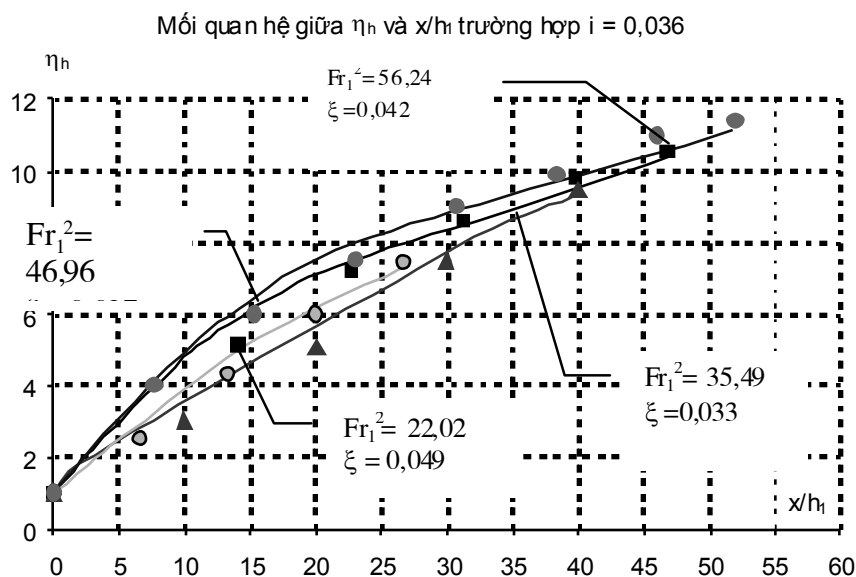
Ngoài ra tác giả còn tiến hành thí nghiệm các trường hợp biến đổi của số Fr_1^2 từ 30 đến 60 với kết quả thể hiện tại Bảng 1.

Bảng 1: Đánh giá sai số giữa kết quả thí nghiệm và lý thuyết cho trường hợp nước nhảy đáy trên lòng dẫn có độ dốc $i = 0,156$

Thứ tự	Fr_1^2	ξ	Thí nghiệm		Lý thuyết		Sai số (%)	
			η_x	l_x/h_1	η_x	l_x/h_1	η_x	l_x/h_1
1	30,51	0,043	10,85	35,11	11,05	35,10	1,76	-0,02
2	33,78	0,045	11,30	37,27	11,54	36,38	2,08	-2,45
3	42,20	0,040	13,26	42,40	13,62	42,70	2,70	0,71
4	51,34	0,034	14,00	42,29	13,87	41,13	-0,94	-2,82
5	52,25	0,031	14,23	47,01	14,07	45,94	-1,13	-2,34
6	54,58	0,034	12,97	42,80	13,29	43,54	2,41	1,70
7	61,23	0,032	15,48	50,00	15,11	48,97	-2,50	-2,11

IV.3 Kết quả kiểm chứng công thức với lòng dẫn phi lăng trụ đáy dốc $0 \leq i < 0.13$

Với cách làm tương tự như trường hợp trên kết quả thu được ở Hình 4.



Hình 4: Mối quan hệ giữa chiều sâu tương đối $\eta_h = \frac{h'}{h_1} = \frac{h}{h_1}$ và chiều dài tương đối $\frac{x}{h_1}$ trong trường hợp $i = 0,036$

Từ đồ thị hình 4 ở trên nhận thấy mối quan hệ giữa chiều sâu tương đối $\eta_h = \frac{h'}{h_1} = \frac{h}{h_1}$ và chiều dài tương đối $\frac{x}{h_1}$ thu được từ kết quả thí

nghiệm hoàn toàn phù hợp với công thức giải tích (3.25), (3.26) tìm được.

Ngoài ra tác giả còn tiến hành thí nghiệm các trường hợp biến đổi của số Fr_1^2 từ 20,0 đến 60,0 với số liệu thu được tại bảng 2:

Bảng 2: Đánh giá sai số giữa kết quả thí nghiệm và lý thuyết cho trường hợp nước nhảy đáy trên lòng dẫn có độ dốc $i = 0,036$

Thứ tự	Fr_1^2	ξ	Thí nghiệm		Lý thuyết		Sai số %	
			η_h	l_x/h_1	η_h	l_x/h_1	η_h	l_x/h_1
1	22,02	0,049	7,45	26,64	7,36	26,67	-1,29	0,10
2	30,36	0,036	8,47	35,13	8,61	35,19	1,62	0,15
3	35,49	0,033	9,46	39,96	9,25	39,50	-2,28	-1,17
4	46,96	0,037	10,50	46,90	10,36	46,93	-1,32	0,06
5	56,24	0,042	7,45	26,64	7,36	26,67	-1,29	0,10

V. KẾT LUẬN

Xuất phát từ lý thuyết dòng tia và phương trình Reynold hai chiều đứng viết trong không gian có giới hạn, cùng với các phân bố vận tốc của Schlichting bằng phương pháp giải tích tác giả đã tìm được các phương trình tính chiều sâu, chiều dài khu xoáy thuộc nước nhảy trên kênh lằng trị có đáy dốc trong các trường hợp khác nhau. Công thức mới được kiểm chứng bằng mô hình vật lý.

Từ so sánh các kết quả thí nghiệm mô hình vật

lý và kết quả tính toán bằng công thức cho thấy sai số giữa thí nghiệm và lý thuyết trong khoảng từ -2,82% đến +2,70%, công thức được tác giả thiết lập có sự phù hợp cao với số liệu thí nghiệm. Điều đó khẳng định các giả thiết được đưa ra không làm giảm độ chính xác của công thức được thiết lập.

Giới hạn các công thức trên đặt độ chính xác trong phạm vi: góc mở $tg\delta \leq \left[\frac{1}{10} \div \frac{1}{8} \right]$; độ dốc

lòng dẫn thuận; $Fr_1^2 = (18 \div 62)$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] I.I A-GRÔ-SKIN và PHI PI – CA – LÔP, Thủy lực tập 2 (bản tiếng Việt), Nhà xuất bản năng lượng MÁT – XCO – VA, năm 1954.
- [2] HOÀNG TƯ AN, Thủy lực công trình, Nhà xuất bản nông nghiệp, năm 2012.
- [3] NGUYỄN CẢNH CÀM và các tác giả, Thủy lực tập 2, Nhà xuất bản xây dựng, năm 2007.
- [4] P.G KIXÊLEP và các tác giả, Sổ tay tính toán thủy lực (bản tiếng Việt), nhà xuất bản xây dựng, năm 2008.
- [5] M.Đ TRÉC – TÔ – U- XÓP, Thủy lực học, nhà xuất bản giáo dục, năm 1963.

- [6] BOGOMOLOV, Thủy lực (bản tiếng Nga), Nhà xuất bản năng lượng MÁT – XCO – VA, năm 1972.
- [7] Sổ tay toán học (bản tiếng Nga), Nhà xuất bản năng lượng MÁT – XCO – VA, năm 1973.
- [8] Dumitru Dumitrescu và Ernest Răzvan, Disiparea energiei și disipatori de energie, Editura tehnică București.
- [9] Trần Quốc Thương, Thí nghiệm mô hình thủy lực công trình, Nhà xuất bản xây dựng, năm 2005.
- [10] Lưu Như Phú, Nguyễn Văn Toàn, Xác định các độ sâu nước nhảy tự do trong cống có mặt cắt chữ nhật, bán tròn, Tuyển tập Khoa học – Công nghệ giai đoạn 2008 – 2013, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà nội 2013.
- [11] Trần Đình Hợi, Hoàng Văn Quý, Nguyễn Văn Toàn, Nước nhảy có áp trong đường hầm có mặt cắt chữ nhật, bán tròn, Tuyển tập Khoa học – Công nghệ giai đoạn 2008 – 2013, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà nội 2013.
- [12] Nguyễn Đình Bảo, Tính toán nước nhảy đáy hoàn chỉnh khi xét tới ma sát đáy của thiết bị tiêu năng phụ, mặt cắt chữ nhật, bán tròn, Tuyển tập Khoa học – Công nghệ giai đoạn 2008 – 2013, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà nội 2013.
- [13] Lê Thị Việt Hà (2013), “Đặc trưng hình học nối tiếp nước nhảy đáy trong lòng dẫn mở rộng dần đáy bằng”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, Số 14, trang 63-68.