

# NGHIÊN CỨU ĐIỀU KIỆN KHÍ HÓA VÀ KHÍ THỰC Ở CÁC MỔ TIÊU NĂNG SAU CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Nguyễn Chiến<sup>1</sup>, Vũ Bá Chí<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Các mỏ tiêu năng được bố trí sau công trình tháo nước có chế độ nối tiếp hạ lưu là chảy đáy (qua bề tiêu năng). Do chế độ chảy bao quanh các mỏ thường là không thuận dòng nên tại đây rất dễ phát sinh khí hóa dẫn đến khí thực làm hư hỏng mỏ. Trong bài này trình bày phương pháp tính toán điều kiện phát sinh khí hóa, khí thực ở các mỏ tiêu năng có mặt cắt hình thang, ứng với với các cấp lưu lượng đơn vị và các cấp năng lượng toàn phần khác nhau. Từ đó xây dựng được biểu đồ xác định trạng thái khí hóa trên mỏ tiêu năng, là cơ sở để lựa chọn giải pháp hợp lý cho thiết bị tiêu năng phụ sau công trình tháo nước.

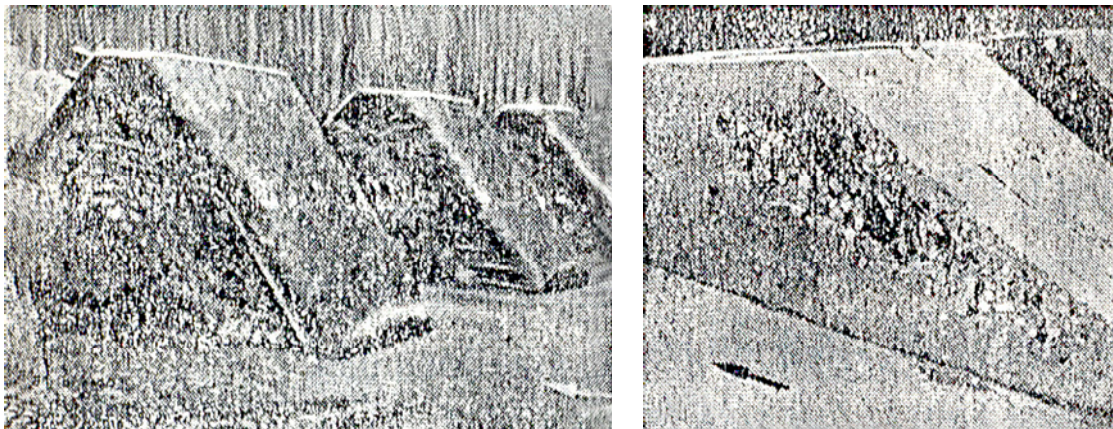
**Từ khóa:** công trình tháo nước, khí hóa, khí thực, mỏ tiêu năng.

## 1. Đặt vấn đề

Dòng chảy qua công trình tháo nước đổ xuống hạ lưu với năng lượng thừa lớn có thể gây xói lở mạnh lòng dẫn hạ lưu và lan vào đến công trình. Đối với công trình tháo nước có nối tiếp hạ lưu dạng chảy đáy, bộ phận để tiêu hao năng lượng là bề tiêu năng, tường tiêu năng hay bề tường kết hợp. Trong nhiều trường hợp các mỏ tiêu năng được bố trí ở đáy bề tiêu năng để

tăng khả năng xáo trộn dòng chảy, làm cho năng lượng thừa được tiêu hao nhiều hơn, do đó giảm được chiều sâu đào bể, chiều cao tường và rút ngắn được chiều dài bể.

Nhưng bản thân các mỏ là vật chảy bao không thuận, khi gặp luồng chủ lưu có lưu tốc lớn sẽ sinh ra hiện tượng tách dòng, dẫn đến khí hóa và khí thực làm hỏng mỏ (hình 1).



Hình 1: Khí thực tại mỏ tiêu năng [3]

Trong tính toán và nghiên cứu giải pháp tiêu năng đáy cho các công trình tháo ở nước ta trước đây vấn đề khí thực tại các mỏ tiêu năng chưa được quan tâm nhiều. Tuy nhiên việc xây dựng ngày càng nhiều các đập tràn cao, lưu tốc dòng chảy cuối mặt tràn hay dốc nước lớn đòi hỏi phải xem xét đầy đủ hơn về khả năng khí hóa và khí thực tại mỏ tiêu năng. Nội dung

nghiên cứu sau đây nhằm chỉ rõ các điều kiện về năng lượng toàn phần và lưu lượng đơn vị của dòng chảy có thể gây ra khí hóa, khí thực ở mỏ tiêu năng sau đập tràn, dốc nước.

## 2. Nội dung và phương pháp nghiên cứu.

### 2.1. Luận điểm chung.

Đối tượng nghiên cứu là các mỏ đặt ở đáy bề tiêu năng để tăng khả năng khuếch tán dòng chảy, làm giảm nhỏ kích thước bề tiêu năng. Nội dung nghiên cứu là xác định khả năng phát

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

sinh khí hóa, khí thực tại mô tiêu năng.

Phương pháp nghiên cứu: tính toán điều kiện phát sinh khí hóa, khí thực tại mô tiêu năng theo TCVN 9158:2012 [1], sử dụng tài liệu thiết kế và số liệu thí nghiệm của một số công trình tháo nước đã có [4] và đối chiếu kết quả tính toán với các tài liệu khác (ví dụ [5]).

a) Điều kiện phát sinh khí hóa:

Hiện tượng khí hóa trong dòng chảy sẽ xảy ra khi thỏa mãn điều kiện:

$$K \leq K_{pg}, \quad (1)$$

trong đó:

$K_{pg}$ : hệ số khí hóa phân giới, phụ thuộc vào đặc trưng hình học của vật chảy bao.

$K$ : hệ số khí hóa thực tế, xác định theo các điều kiện thủy lực tại vị trí của vật chảy bao.

b) Điều kiện phát sinh khí thực: Khí thực sẽ xảy ra khi có khí hóa đủ mạnh, tác dụng trong thời gian đủ dài và dòng chảy ở lân cận vật chảy bao thỏa mãn điều kiện:

$$V_{DT} > V_{ng} \quad (2)$$

trong đó:  $V_{DT}$  là lưu tốc đặc trưng của dòng chảy tại bộ phận công trình đang xét;  $V_{ng}$  là lưu tốc ngưỡng xâm thực, phụ thuộc vào độ bền của vật liệu.

**2.2. Xác định khả năng khí hóa ở mô tiêu năng.**

2.2.1. Các công thức tính toán:

a) Hệ số khí hóa phân giới: Trị số  $K_{pg}$  được xác định theo [1], đối với mô hình thang nếu chế độ chảy qua mô là không ngập thì  $K_{pg} = 2,1$ . Trường hợp có xét đến nước nhảy ngập thì:

$$(K_{pg})_n = K_{pg} - \alpha(\sigma_n - 1), \quad (3)$$

trong đó ứng với mô hình thác hệ số  $\alpha = 0,64$ , thay vào (3) được  $(K_{pg})_n = 2,036$ .

b) Hệ số khí hóa thực tế: Theo [1], trị số  $K$  được xác định theo công thức:

$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{\frac{V_{DT}^2}{2g}}, \quad (4)$$

trong đó:  $H_{DT}$ - cột nước áp lực toàn phần đặc trưng,  $H_{DT} = H_a + h$ ;  $H_a$ - cột nước áp lực khí trời, phụ thuộc vào cao độ điểm tính toán;  $h$ - chiều dày lớp nước trên đỉnh mô tiêu năng, xác định theo tính toán thủy lực;  $H_{pg}$ - cột nước áp lực hóa hơi, phụ thuộc vào nhiệt độ;  $V_{DT}$ - lưu tốc đặc trưng của dòng chảy tại bộ phận công trình đang xét.

c) Hệ số giai đoạn khí hóa được xác định như sau:

$$\beta = \frac{K}{K_{pg}}, \quad (5)$$

trong đó ký hiệu các đại lượng như đã nêu trên. Khi  $\beta > 1$ : không có khí hóa;  $\beta = (0,8 - 1,0)$ : khí hóa ở giai đoạn đầu;  $\beta = (0,1 - 0,8)$ : giai đoạn khí hóa mạnh;  $\beta < 0,1$ : giai đoạn siêu khí hóa.

2.2.2. Xác định phạm vi nghiên cứu:

Tiến hành tính toán cho các trường hợp như ở bảng 1, trong đó năng lượng toàn phần của dòng chảy ( $E_0$ ) biến đổi từ 10m đến 120m, lưu lượng đơn vị ( $q$ ) biến thiên từ 10 đến 180  $m^3/s.m$ , là phổ biến với các công trình tháo nước đã xây dựng ở Việt Nam.

Dạng mô tiêu năng chọn loại thường sử dụng hiện nay là mô có mặt cắt hình thang đặt ở đáy bể tiêu năng, có chiều cao  $h_m$ . Theo kinh nghiệm của các công trình đã xây dựng như đập Nước Trong ( $h_m = 4m$ ,  $h_c = 2,615m$ ,  $h_m/h_c = 1,53$ ), tràn Tả Trạch ( $h_m = 3,2m$ ,  $h_c = 2,42m$ ,  $h_m/h_c = 1,32$ ), ta lấy bình quân  $h_m = 1,4.h_c$ . Hệ số nước nhảy ngập là  $\sigma_n = 1,1$ .

Bảng 1: Các trường hợp tính toán ứng với các cấp năng lượng và lưu lượng đơn vị.

Trường hợp 1		Trường hợp 2		Trường hợp 3		Trường hợp 4		Trường hợp 5		Trường hợp 6		Trường hợp 7	
$E_0$	$q$	$E_0$	$q$	$E_0$	$q$	$E_0$	$q$	$E_0$	$q$	$E_0$	$q$	$E_0$	$q$
10	10,00	20	20,0	40	20,0	60	40,0	80	40,0	100	60,0	120	80,0
	20,00		40,0		60,0		80,0		100,0		120,0		
	30,00		60,0		80,0		100,0		120,0		140,0		
	40,00		80,0		100,0		120,0		140,0		160,0		
	50,00		100,0		120,0		140,0		160,0		180,0		
			120,0										

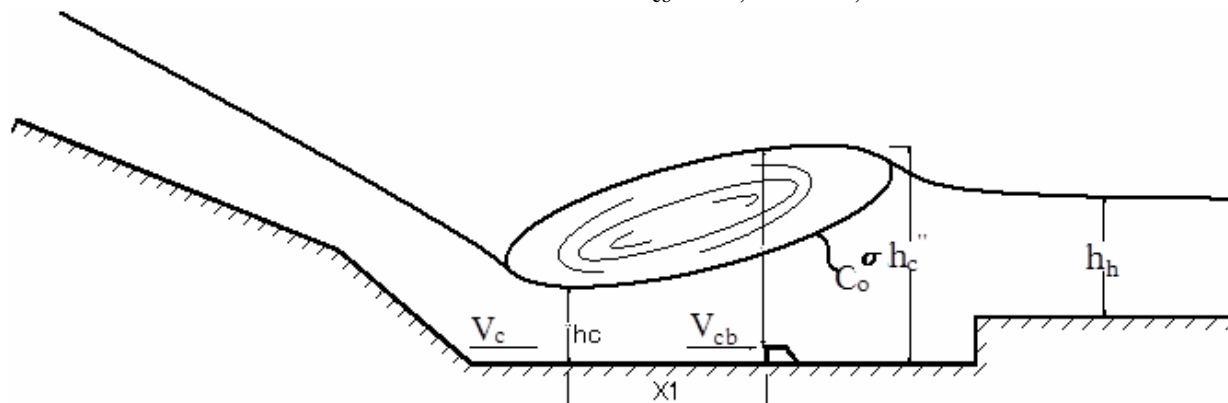
2.2.3. Tính toán xác định khả năng khí hóa, khí thực tại mố tiêu năng:

Sơ đồ tính toán như trên hình 2. Ta có độ sâu co hẹp  $h_c$  ở đầu bệ:

$$h_c = \frac{q}{\varphi \sqrt{2g(E_0 - h_c)}} \quad (6)$$

Trong thực tế vận tốc tại mặt cắt co hẹp rất

lớn nên sẽ không bố trí các mố tiêu năng ngay tại mặt cắt co hẹp C – C vì dễ gây ra hiện tượng khí thực, mà bố trí cách mặt cắt co hẹp một khoảng cách  $x_1$ . Khi đó dòng chảy bao quanh mố có lưu tốc là  $V = V_{cb} < V_c$ ,  $V_{cb}$  được xác định bằng thí nghiệm thủy lực, ví dụ như ở hồ Tả Trạch  $V_{cb} = 24,39$  m/s, ở hồ Nước Trong có  $V_{cb} = 24,66 \div 25,89$  m/s...



Hình 2. Sơ đồ xác định  $V_{cb}$  ở mố tiêu năng

Trong điều kiện chưa có thí nghiệm mô hình,  $V_{cb}$  được nội suy tuyến tính với giả thiết rằng trong đoạn nước nhảy, ranh giới giữa dòng chủ lưu (sát đáy) với phần nước cuộn phía trên là đường nước dâng  $C_0$  xuất phát từ mặt cắt C – C, ứng với độ dốc đáy bệ  $i=0$ . Do dòng chảy bị co hẹp mạnh theo phương đứng nên lấy lưu tốc cục bộ tại mố  $V_{cb}$  bằng lưu tốc bình quân mặt cắt ngang trong luồng chủ lưu. Ứng với mỗi trường hợp tính toán, tiến hành vẽ đường nước dâng  $C_0$  và xác định lưu tốc tại mố tiêu năng đặt cách mặt co hẹp (C – C) 1 đoạn  $x_1 = 3,5 \cdot h_c''$

Độ sâu nước trên đỉnh mố được suy từ công thức (6-25) của [3] như sau:

$$h = \sigma \cdot h_c'' - \left[ 0,85 \left( 1 - 0,55 \sqrt{\frac{h_c}{h_h} - 1} \right) \sqrt{\frac{E_0}{h_c} - 2} \right] h_k - h_m \quad (7)$$

Với:  $h_h$  là độ sâu hạ lưu, lấy  $h_h = \sigma \cdot h_c''$  (lấy  $\sigma = 1,1$ );  $h_m$ : chiều cao mố tiêu năng, ở đây lấy theo kinh nghiệm  $h_m = 1,4 \cdot h_c$ .

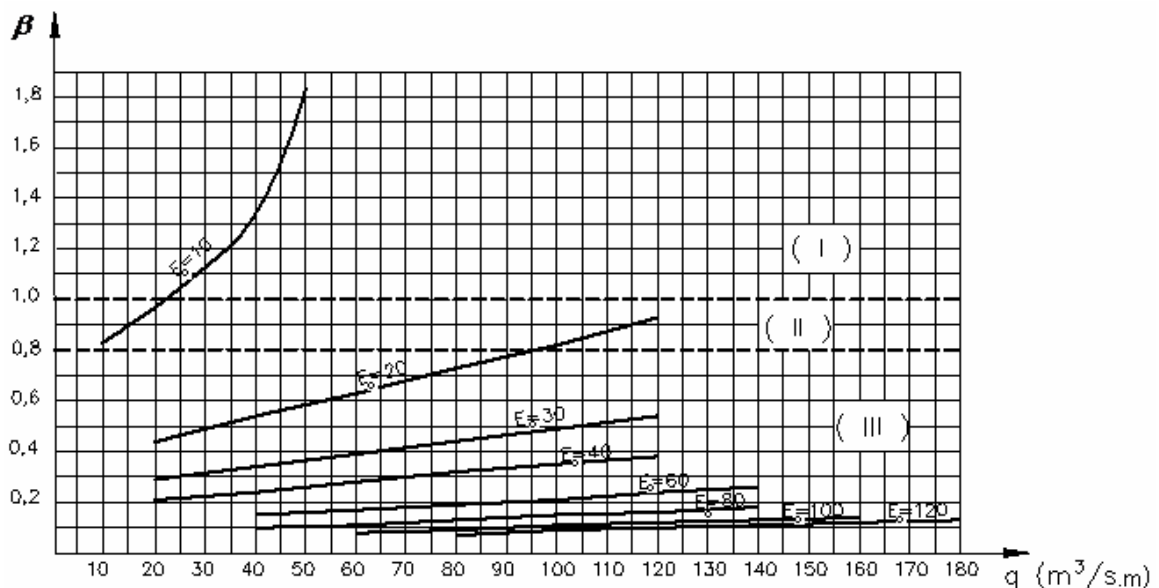
Kết quả tính toán xác định khả năng khí hóa và khí thực cho mố tiêu năng cho các trường hợp nêu ở bảng 1 được trình bày ở bảng 2 và hình 3.

Bảng 2. Kết quả tính toán kiểm tra khí hóa và khí thực tại mố tiêu năng hình thang

$E_0$ (m)	$q$ (m <sup>3</sup> /sm)	$V_{dt}$ (m/s)	$H_{dt}$ (m)	K	$\beta = K/K_{pg}$	Khả năng khí hóa	Khả năng khí thực *)
10.00	10.00	11.93	12.65	1.68	0.83	Bắt đầu	Không
	20.00	11.70	14.22	1.97	0.97	Bắt đầu	Không
	30.00	11.12	14.99	2.31	1.13	Không	Không
	40.00	10.22	14.98	2.73	1.34	Không	Không
	50.00	8.23	13.33	3.73	1.83	Không	Không
20.00	20.00	17.02	13.74	0.90	0.44	Mạnh	Có

$E_o$ (m)	$q$ (m <sup>3</sup> /sm)	$V_{dt}$ (m/s)	$H_{dt}$ (m)	K	$\beta = K/K_{pg}$	Khả năng khí hóa	Khả năng khí thực *)
	40.00	16.95	16.59	1.10	0.54	Mạnh	Có
	60.00	16.56	18.47	1.29	0.63	Mạnh	Có
	80.00	15.94	19.59	1.48	0.73	Mạnh	Có
	100.00	15.14	19.69	1.67	0.82	Bắt đầu	Có
	120.00	14.05	19.40	1.88	0.93	Bắt đầu	Có
40.00	20.00	22.94	11.72	0.42	0.21	Mạnh	Có
	40.00	24.04	15.00	0.49	0.24	Mạnh	Có
	60.00	24.34	17.67	0.57	0.28	Mạnh	Có
	80.00	24.33	19.91	0.65	0.32	Mạnh	Có
	100.00	24.22	21.84	0.72	0.35	Mạnh	Có
	120.00	24.04	23.50	0.78	0.38	Mạnh	Có
60.00	40.00	32.26	12.95	0.30	0.15	Mạnh	Có
	60.00	32.08	15.71	0.35	0.17	Mạnh	Có
	80.00	31.91	18.15	0.39	0.19	Mạnh	Có
	100.00	31.73	20.35	0.44	0.21	Mạnh	Có
	120.00	31.54	22.34	0.48	0.24	Mạnh	Có
	140.00	31.36	24.16	0.52	0.26	Mạnh	Có
80.00	40.00	32.18	10.93	0.20	0.10	Mạnh	Có
	60.00	33.34	13.65	0.23	0.11	Mạnh	Có
	80.00	33.96	16.12	0.27	0.13	Mạnh	Có
	100.00	34.28	18.38	0.30	0.15	Mạnh	Có
	120.00	34.39	20.48	0.33	0.16	Mạnh	Có
	140.00	34.55	22.43	0.36	0.18	Mạnh	Có
100.00	60.00	36.51	11.63	0.16	0.08	Mạnh	Có
	80.00	37.35	14.06	0.19	0.09	Mạnh	Có
	100.00	37.86	16.32	0.22	0.11	Mạnh	Có
	120.00	38.19	18.44	0.24	0.12	Mạnh	Có
	140.00	39.18	20.44	0.26	0.13	Mạnh	Có
	160.00	38.55	22.33	0.29	0.14	Mạnh	Có
120.00	80.00	40.27	12.04	0.14	0.07	Mạnh	Có
	100.00	40.95	14.27	0.16	0.08	Mạnh	Có
	120.00	41.41	16.38	0.18	0.09	Mạnh	Có
	140.00	41.73	18.38	0.20	0.10	Mạnh	Có
	160.00	41.96	20.29	0.22	0.11	Mạnh	Có
	180.00	42.13	22.12	0.24	0.12	Mạnh	Có

\*) Ứng với vật liệu mố là bê tông M25



Hình 3: Đồ thị xác định trạng thái khí hóa tại mô tiêu năng

(I) – Vùng không xuất hiện khí hóa; (II) – Vùng khí hóa giai đoạn đầu;;(III) – Vùng khí hóa mạnh.

### 3. Phân tích kết quả tính toán.

#### 3.1 Về khả năng khí hóa ở mô tiêu năng.

Nghiên cứu cho loại mô tiêu năng mặt cắt hình thang ứng với các cấp năng lượng và lưu lượng đơn vị khác nhau cho thấy:

a) Khả năng khí hóa ở mô tiêu năng phụ thuộc nhiều vào năng lượng toàn phần của dòng chảy tính đến cao trình đáy bề tiêu năng ( $E_0$ ). Khi  $E_0 \leq 10$  m thì tại mô tiêu năng không phát sinh khí hóa hoặc chỉ có khí hóa ở giai đoạn đầu.

b) Khi  $E_0 \geq 20$  m thì có khí hóa mạnh ở mô tiêu năng, khả năng khí thực là rất lớn. Trị số  $E_0$  càng lớn thì khả năng khí hóa càng mạnh mẽ. Cụ thể với  $E_0 = 20$  m thì khí hóa mạnh xuất hiện khi  $q \leq 100$  m<sup>3</sup>/m.s. Còn với  $E_0 \geq 40$  m thì khí hóa mạnh bắt đầu xuất hiện ở tất cả các cấp lưu lượng đơn vị được xem xét.

c) Khả năng khí hóa ở mô tiêu năng có phụ thuộc vào lưu lượng đơn vị, nhưng không nhiều, sự phụ thuộc này giảm dần khi  $E_0$  tăng. Với cấp  $E_0$  thấp, trị số  $q$  càng nhỏ thì khả năng phát sinh khí hóa càng nhiều. Còn khi  $E_0 > 20$  m thì sẽ có khí hóa mạnh với tất cả các cấp lưu lượng đơn vị nghiên cứu và trị số  $\beta$  ( phản ánh giai đoạn khí hóa ) thay đổi rất ít theo  $q$  ( bảng 2 ).

#### 3.2 Khả năng khí thực tại mô tiêu năng.

Khí thực xảy ra khi có khí hóa và lưu tốc đặc

trung thỏa mãn điều kiện (2). Với vật liệu thường dùng cho bề và mô tiêu năng là bê tông M25 khi không có tiếp khí ( $S = 0$ ) là  $V_{ng} = 12,1$  m/s ( theo [1] ), do đó khi  $E_0 < 10$  m sẽ không có khí thực, còn khi  $E_0 \geq 20$  m thì sẽ có khí thực.

Nếu chọn vật liệu mô tiêu năng là bê tông M35 thì có  $V_{ng} = 17$  m/s ( ứng với  $S = 0$  ) và khí thực sẽ xảy ra khi  $E_0 \geq 40$  m, do đó vẫn phải áp dụng các biện pháp phòng khí thực.

Trong thiết kế có thể chọn các giải pháp khác nhau để phòng khí thực ( xem [3] ), hoặc cũng có thể xem xét phương án không làm mô tiêu năng mà tăng kích thước bề để đảm bảo điều kiện tiêu năng. Ví dụ quy phạm thiết kế tràn xả lũ SDJ 341 – 89 của Trung Quốc [5] khuyến cáo khí lưu tốc trung bình tại mặt cắt cuối mặt tràn lớn hơn ( 16 – 18 ) m/s thì không bố trí mô tiêu năng trong bề. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu khả năng phát sinh khí thực ở trên.

### 4. Kết luận.

1) Việc bố trí các mô tiêu năng sau công trình tháo nước có nối tiếp chảy đáy có tác dụng lớn trong việc hỗ trợ tiêu năng, giảm được kích thước của bề tiêu năng. Tuy nhiên trong thiết kế cần kiểm tra điều kiện khí hóa và khí thực tại đây để có biện pháp xử lý cần thiết.

2) Khả năng xuất hiện khí hóa ở các mô tiêu

năng phụ thuộc vào lưu lượng đơn vị và năng lượng toàn phần của dòng chảy đối với đáy bề tiêu năng. Với loại mô hình thang vuông, quan hệ  $\beta = f(q, E_0)$  được biểu diễn trên hình 3. Biểu đồ hình 3 có thể sử dụng trong thiết kế sơ bộ để phân tích lựa chọn giải pháp tiêu năng sau công trình tháo nước.

3) Khi năng lượng toàn phần của dòng chảy lớn, điều kiện để phòng khí thực là phức tạp và tốn kém thì nên xem xét phương án không làm mô tiêu năng trong bể. Khi đó kích thước bể phải chọn lớn hơn trường hợp có mô tiêu năng. Phương án hợp lý được lựa chọn thông qua so sánh kinh tế kỹ thuật.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO.

1. Công trình thủy lợi – Phương pháp tính toán khí thực. TCVN 9158:2012.
2. Vũ Bá Chí ( 2012 ), Nghiên cứu khí thực các mô tiêu năng sau công trình tháo nước, áp dụng cho đường tràn Tả Trạch. Luận văn thạc sĩ, Đại học Thủy lợi.
3. Nguyễn Chiến ( 2012 ), Tính toán thủy lực các công trình tháo nước. NXB Xây dựng, Hà Nội.
4. Trần Quốc Thường ( 2010 ), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Tả Trạch – Phương án tiêu năng đáy. Viện khoa học thủy lợi Việt Nam.
5. Quy phạm thiết kế tràn xả lũ SDJ 341-89. Bản dịch từ tiếng Trung Quốc.

#### Abstract

#### COMPUTATION OF CONDITIONS CAVITATION AND CAVITATION EROSION IN THE DIFFUSIONS BEHIND OUTLET

*The diffusions are arranged behind outlet have downward is flowing bottom (through drainage). Therefore the flow regime around the the diffusions are not convenient so very likely to occur cavitation. In this paper presents methods of calculation arising cavitation, and cavitation erosion in the diffusions of abutment of trapezoidal cross-section, corresponding to the unit-flow and the total energy – flow. From that may be built the chart to determine the status of cavitation at diffusions, that is the basis for the selection of a reasonable solution for device after drainage works.*

**Keywords:** *discharge structures, cavitation; cavitation erosion; diffusions.*

---

Người phản biện: **GS. TS. Phạm Ngọc Quý**

BBT nhận bài: 12/3/2013

Phản biện xong: 6/6/2013