

# DÒNG LƯU TỐC CAO VỚI ĐẬP TRÀN XẢ LŨ

Vũ Thanh Te

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Khi tính toán xác định mặt cắt đập tràn, một vấn đề được các nhà thiết kế quan tâm là lưu tốc dòng chảy trên bề mặt tràn. Nếu lưu tốc trên 18m/s thì có khả năng xuất hiện xâm thực và khí thực. Dòng chảy có lưu tốc cao không chỉ gây ra hiện tượng khí thực mà còn gây ra mạch động lưu tốc; mạch động lưu tốc lớn gây rung động với công trình. Bài viết giới thiệu một số vấn đề về dòng lưu tốc cao với đập tràn xả lũ.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ:

Những năm vừa qua nhiều công trình thủy lợi, thủy điện lớn đã được xây dựng. Nhiều công trình có lưu tốc dòng chảy khá lớn ở mặt tràn, dốc nước... Lưu tốc vùng mũi phun nhiều đập tràn đạt từ 25m/s đến 35m/s, như: Bản Vẽ, Sê San 3A, Sê San 4, sông Tranh 2, Bản Chát, Kanak, Cửa Đạt, Định Bình ...

Lưu tốc trên dốc nước của các đập tràn đạt từ 18m/s đến 30m/s, như: Kanak, Cửa Đạt, Hoà Bình, Sơn La, Tuyên Quang ... khi tính toán xác định mặt cắt đập tràn, một số vấn đề được các nhà thiết kế quan tâm là lưu tốc dòng chảy trên bề mặt tràn. Nếu lưu tốc trên 18m/s thì có khả năng xuất hiện xâm thực. Dòng chảy có lưu tốc cao không chỉ có hiện tượng gây ra xâm thực mà còn gây ra mạch động lưu tốc; mạch động lưu tốc lớn gây rung động đối với công trình. Bài viết này giới thiệu một số vấn đề về dòng lưu tốc cao với đập tràn xả lũ.

## II. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo nêu về dòng lưu tốc cao với tràn xả lũ. Hiện tượng dòng lưu tốc cao phát sinh xâm thực gây phá hoại mặt tràn xả lũ. Bài báo cũng nêu các hình thức thiết bị thông khí giảm xâm thực bề mặt tràn xả lũ. Đồng thời cũng trình bày thực nghiệm bố trí, lựa chọn kết cấu thiết bị trộn khí cho tràn xả lũ Cửa Đạt - Thanh Hoá. Đây là công trình nghiên cứu đầu tiên ở Việt Nam về giải pháp công trình giảm xâm thực cho tràn xả lũ.

Phương pháp nghiên cứu là tổng hợp các nghiên cứu của nước ngoài về dòng lưu tốc cao, các kết cấu thiết bị thông khí đã áp dụng ở nước ngoài; kết hợp với thực nghiệm để chọn kết cấu thông khí hợp

lý một tràn xả lũ cụ thể của Việt Nam.

## III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Khi lưu tốc dòng chảy lớn hơn 18m/s thì trên bề mặt công trình sẽ xảy ra các hiện tượng bất lợi với kết cấu và vật liệu, đó là:

Hiện tượng rung động phát sinh tiếng ồn.

Hiện tượng xâm thực ăn mòn các loại vật liệu bảo vệ bề mặt công trình.

Hiện tượng xâm thực phá hoại kết cấu bê tông.

Ảnh hưởng đến tuổi thọ của công trình. Cần phải quan tâm nghiên cứu.

### 1. Về mạch động lưu tốc

Dòng chảy trong công trình thủy lợi, thủy điện thường là dòng rối; đặc biệt các công trình có dòng lưu tốc cao thì độ rối càng lớn. Chính kết cấu độ rối này không chế chuyển động theo thời gian của dòng chảy, quy luật sức cản và đặc tính động lực có ý nghĩa thực tế đối với công trình như tiêu năng, trộn khí (hàm khí), khí thực, rung động .v.v.

Trong nghiên cứu kết cấu dòng rối theo phương pháp Reynol, đem lưu tốc một điểm bất kỳ của dòng chảy phân thành ba thành phần:  $U$ ,  $V$ ,  $W$ ; áp lực  $p$  dùng các tham số vật lý khác có liên quan diễn tả thành “Trị số bình quân theo thời gian” và “trị số mạch động” tức là:

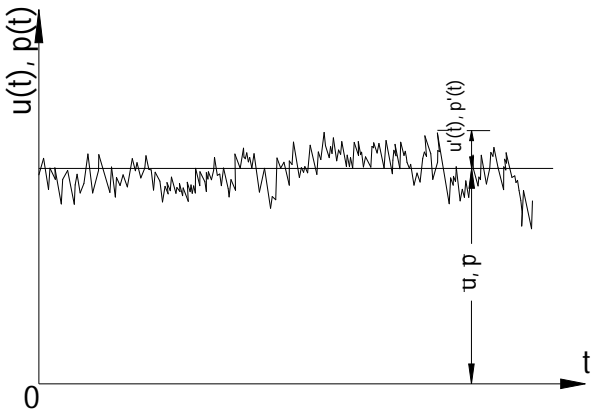
$$U = \bar{U} + U'; V = \bar{V} + V'; w = \bar{w} + w'; P = \bar{P} + P' \quad (1)$$

Thông số “Trị số mạch động” là chỉ lượng sóng dao động trên dưới trị số bình quân theo thời gian. Nó đặc trưng cho quá trình động thái của dòng chảy chuyển động; trong đó trị số  $\bar{U}, \bar{V}, \bar{w}, \bar{P}$  chỉ trị số bình quân thống kê theo thời gian (tức là kỳ vọng số học), dùng ký hiệu

$E[U, V, w, p]$  để diễn tả các trạng thái của quá trình diễn ra, đối với thống kê bình quân theo thời gian thay cho bình quân của tập hợp.

$$E[U, V, w, p] = \overline{U}, \overline{V}, \overline{w}, \overline{p}$$

$$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [U, V, w, p] dt \quad (2)$$



Hình 1. Trị số mạch động và trị số bình quân theo thời gian

Trong nghiên cứu thí nghiệm đặc trưng của dòng rối, việc nghiên cứu lưu tốc mạch động là rất quan trọng. Vì nó là một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất biểu thị đặc trưng động lực của dòng rối, giá trị của nó tuy nhỏ nhưng nó đối với lực cản của dòng chảy động và các đặc tính khác đều ảnh hưởng rất lớn.

## 2. Về mạch động áp suất

Nghiên cứu mạch động áp suất của dòng chảy rối trong phòng thí nghiệm là một vấn đề quan trọng trong thủy lực công trình.

Bởi lẽ tác dụng trên biên của công trình thủy công; mạch động áp suất của dòng chảy rối có quan hệ với sự rung động, xâm thực, tiêu năng, xói lở của công trình thủy công. Các vấn đề này bao gồm các mặt:

+ Liên quan đến tải trọng của dòng chảy ở biên công trình; trong công trình thực tế thường gặp các vấn đề dưới đây:

Dưới tác dụng của dòng chảy có lưu tốc cao, tải trọng động của nước trên đỉnh nhà máy thủy điện ngầm sau đập, tải trọng động đối với cửa van có cột nước cao, tải trọng động của nước tác dụng trên bản đáy của bể tiêu năng, tải trọng động của dòng chảy đối với tường hướng dòng, tải trọng động đối với tường bên của dốc nước

.v.v; Các vấn đề nêu trên đều liên quan đến tính ổn định và rung động của kết cấu công trình thủy công.

+ Tiếng ồn của dòng chảy rối và khí hoá (giảm áp) ở thời điểm tức thời trong dòng chảy:

Khi biên cứng tồn tại áp suất âm bình quân theo thời gian, do mạch động áp suất mà xuất hiện khí hoá tức thời của dòng chảy và trong nội bộ dòng chảy của khu phân ly do mạch động áp suất tạo ra. Khi xác định số khí hoá sơ sinh thường tính đến trị số mạch động áp suất. Vấn đề ngược lại là do khí hoá của dòng chảy gây ra tiếng ồn.

Vấn đề khí thực, xâm thực sẽ nêu ở phần dưới đây.

## 3. Về biện pháp giảm xâm thực

Dòng lưu tốc cao chảy qua mặt bê tông của các công trình tháo lũ có cột nước lớn, số khí hoá nhỏ. Nếu hình dáng thiết kế không tốt hoặc cục bộ không bằng phẳng dẫn đến xâm thực, bê tông bị phá hoại. Do đó cần phải tìm biện pháp công trình hợp lý để tránh hoặc giảm nhẹ sự xâm thực của dòng chảy có lưu tốc cao, trong đó trộn khí giảm xâm thực là một giải pháp hữu hiệu.

Hình thức chung của công trình trộn khí giảm xâm thực là bố trí trên mặt thoát nước máng trộn khí, ngưỡng trộn khí hoặc mố nhô. Dòng chảy qua chỗ đột biến này sẽ thoát khỏi thành biên hình thành dòng phun, mặt dưới của luồng nước tạo ra buồng trống đưa không khí vào, không khí từ hai vách bên mở rộng đột ngột: rãnh van hoặc ống thông khí chôn sẵn đưa vào.

Viền dưới của luồng phun trong quá trình đó sẽ khuếch tán, trộn khí; khi nó rơi trở lại bản đáy lại cuốn thêm một phần không khí khiến cho lớp nước gần vách hạ lưu hình thành dòng hỗn hợp hai pha khí và nước. Dòng chảy trộn khí này đi qua một đoạn theo dọc đường có thể duy trì từ nồng độ trộn khí C (nồng độ trộn khí C: tổng lượng khí trên tổng lượng nước đến trong một đơn vị thể tích nhân với số %) không nhỏ hơn giá trị nồng độ nhỏ nhất chống xâm thực có hiệu quả, như vậy trong đoạn khoảng cách này, mặt nước tràn qua sẽ không bị xâm thực phá hoại.

*a. Nguyên lý trộn khí giảm xâm thực*

Sau khi dòng chảy trộn khí sẽ khiến cho biên vách nơi cục bộ không bằng phẳng xuất hiện áp suất âm, nhưng vì trong nước có trộn khí nên sẽ giảm thấp áp suất cục bộ đến quá trình áp suất nước bị hoá khí. Nếu cục bộ áp suất âm đủ để hình thành dòng chảy có khí hoá, trong nước kẹp khí sẽ có lợi cho việc sản sinh khí hoá, vì thế áp suất trong khí hoá lại nâng cao, từ đó cũng nâng cao số khí hoá tại chỗ. Giả thiết khí hoá bị tan vỡ phóng thích các phần tử không khí ở trong khí hoá sẽ dẫn tới tác dụng “xói chậm”.

Khối nước tầng ngoài khí hoá vì có mang theo không khí nên có tính nén. Đối với khí hoá bị tan vỡ kích sóng lan truyền có tác dụng suy giảm, do đó trong dòng nước có trộn khí khi khí hoá tan vỡ hình thành áp suất tức thời sẽ hạ thấp một cách có hiệu quả, tác dụng xâm thực dần được giảm nhẹ một cách tương ứng.

*Dòng chảy trộn khí và trong dòng nước có hàm khí* là hai hiện tượng khác nhau. Hiện tượng

thứ nhất là: trong dòng nước, khí vượt quá lượng bão hoà của nước ra thì còn có thêm một lượng ngoài lượng khí nào đó nữa, hiện tượng này bằng mắt thường có thể quan sát thấy được hình thái tồn tại các bọt khí ở trong nước, dòng chảy một khi dừng lại thì các bọt khí sẽ thoát ra khỏi nước.

Còn hiện tượng thứ hai là chỉ trong nước lượng khí nhỏ hơn lượng khí bão hoà, hoà tan trong nước, mắt thường không thể nhìn thấy được bộ phận khí đó.

*b. Hình thức bố trí thiết bị trộn khí giảm xâm thực*

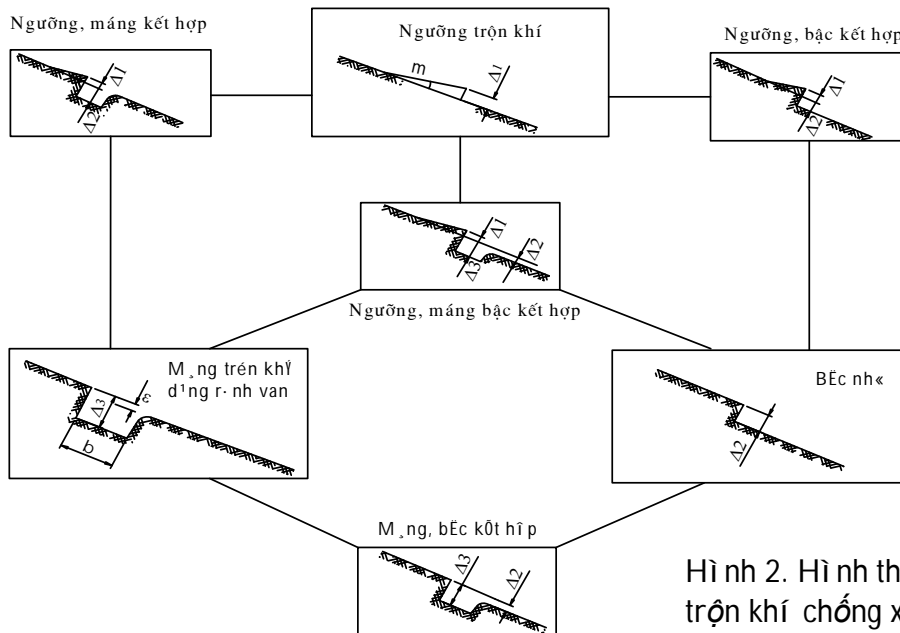
+ Trộn khí trên mặt thoát nước

Thường có 3 loại (hình 2)

- Ngưỡng trộn khí: Là dạng ngưỡng hơi nhỏ dốc thoải

- Bậc thực: bản đáy phía sau hạ thấp hình thành bậc ngang

- Máng trộn khí: Tạo thành đường cung cấp khí ở đáy dòng chảy, có nhiều hình thức như dạng rãnh van, dạng tam giác, dạng khe hẹp.



Hình 2. Hình thức cơ bản của thiết bị trộn khí chống xâm thực trên bản đáy

Trong thực tế thường sử dụng hình thức kết hợp:

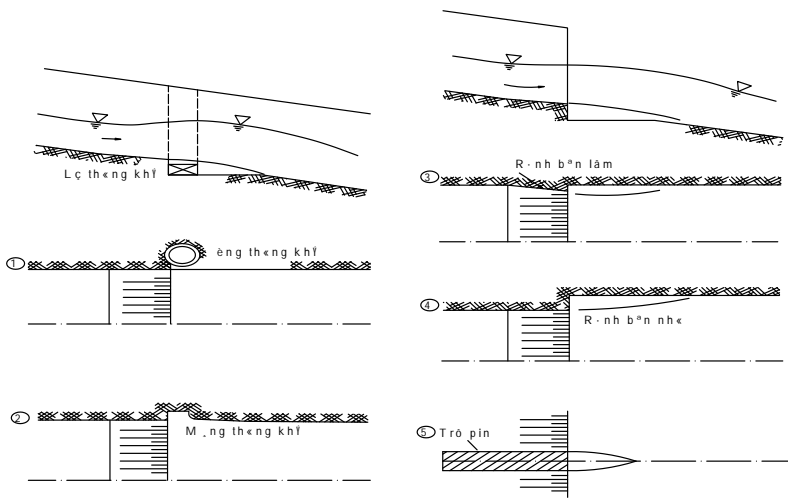
- Hình thức kết hợp ngưỡng và rãnh.
- Hình thức kết hợp ngưỡng và bậc.
- Hình thức kết hợp rãnh và bậc.
- Hình thức kết hợp ngưỡng, rãnh và bậc.

Đối với các công trình bố trí đường xả lũ bên bờ, phía sau đập tràn thường là dốc nước có

chiều dài nhất định tùy theo địa hình và địa chất, khi đó thường dùng rãnh trộn khí liên tục nhiều cấp (ngưỡng hay bậc).

+ Trộn khí mặt bên:

Hình thức cấp khí mặt bên có nhiều dạng, có thể tổng hợp thành hai loại, năm dạng (như hình 3):



Hình 3: Hình thức cấp khí mặt bên

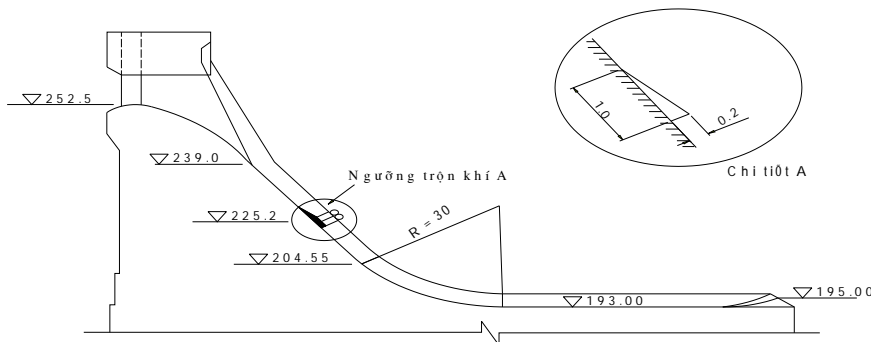
\* Ống thông khí (1): Trong tường bên chôn ống thông khí trực tiếp cấp khí vào phần đáy dòng chảy, mặt thoát nước ở tầng bên là liên tục, có thể duy trì trạng thái chảy gần ngưỡng hoặc rãnh trộn khí ổn định.

\* Bốn dạng cấp khí sau (2)-(5) thuộc dạng hờ:

- Rãnh khe van hình chữ nhật.
- Thiết bị nắn dòng chảy ở tường bên.
- Tường bên mép nhô rộng ra, hình thức này có lúc liên hợp với cửa cung có cửa lệch tâm.
- Lợi dụng đuôi trụ pin nhô rộng ra để cấp khí

Năm dạng cấp khí mặt bên với 7 hình thức công trình trộn khí cho dòng chảy giao thoa kết hợp hình thành nhiều loại, nhiều dạng thiết bị trộn khí chống xâm thực.

### 3. Thiết bị trộn khí giảm xâm thực ở thực tế



Hình 4: Ngưỡng trộn khí trên mặt đập tràn thủy điện Phong Mãn

### 4. Thiết bị trộn khí công trình Cửa Đạt - Thanh Hoá

#### a. Nguyên lý chung

Bố trí lựa chọn thiết bị trộn khí; phải bảo đảm đủ lượng khí đưa vào máng trộn khí, đồng thời cũng phải đáp ứng nồng độ khí có hiệu quả nhất.

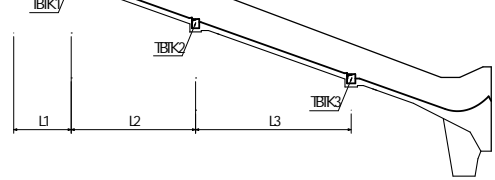
Khi dòng chảy vượt qua ngưỡng trộn khí thoát ra khỏi vách đáy, bên dưới dòng nước hình

Từ năm 1937 người ta đã tìm hiểu dòng chảy trộn khí có thể giảm nhẹ sự xâm thực phá hoại bề mặt các công trình tháo nước nhưng đem ý tưởng này ứng dụng vào công trình thực tế là cả một quá trình khá dài.

Vào thập niên 1960 Liên Xô đã xây dựng đập tràn Brak xâ lữ, sử dụng biện pháp trộn khí bậc nhô. Đến năm 1973 trên mặt đập này bố trí thêm ngưỡng trộn khí có kết cấu bằng thép rỗng. Kết quả nhận thấy ngưỡng trộn khí dốc thoải hơi nhô không sinh tải trọng động quá lớn, do đó không dẫn tới rung động đập chính.

+ Ở Trung Quốc: Năm 1975, 1980 trên đập tràn công trình thủy điện Phong Mãn đã tiến hành thí nghiệm trên nguyên hình 2 lần về ngưỡng trộn khí, đoạn tràn thí nghiệm có cửa van rộng 11,5m; bố trí ngưỡng trộn khí ở một nửa bề chiều rộng thoát nước, còn một nửa không có ngưỡng trộn khí, mặt đập phía sau phần bố trí ngưỡng tạm thời bố trí thêm mố nhô thủ công. Sau khi dòng chảy qua phía thượng lưu phần không có mố nhô có vết xâm thực rõ, còn thượng lưu phần có mố nhô thì hoàn toàn không bị tổn hại. Như vậy về định tính đã chứng minh hiệu quả giảm xâm thực của ngưỡng trộn khí. Hình thức bố trí ngưỡng trộn khí của đập Phong Mãn như hình 4.

thành buồng trống thông khí, nhưng lượng không khí được đưa vào bao nhiêu còn cần xem độ rối bản thân của dòng chảy và áp lực trong buồng trống. Yếu tố chủ yếu quyết định lượng trộn khí của máng là bản thân dòng chảy phía sau ngưỡng có năng lực kẹp khí nhiều hay ít. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra là: Khi số Reynol của dòng chảy đủ lớn, áp lực trong buồng trống không quá thấp với trường hợp bình thường thì



lượng khí vào trên đơn vị chiều rộng của dòng chảy  $q_a$  và tốc độ dòng chảy tại đó  $V$  với chiều dài buồng trống  $L$  thành tỷ lệ thuận, tức là:

$$q_a \sim VL \quad (3)$$

Trong đó:  $L$  - chiều dài buồng trống do dòng chảy và điều kiện biên quyết định (m)

Biểu thức trên có thể viết thành quan hệ hàm số không thứ nguyên

$$\frac{q_a}{Vh} = F\left(\frac{V}{\sqrt{gh}}, \frac{\Delta}{h}, \alpha, \theta\right) \quad (4)$$

Trong đó:  $h$  - chiều sâu nước trên ngưỡng (m)

Về nồng độ khí: hiện nay còn chưa thể làm rõ được một cách triệt để, thường vẫn theo vẫn theo các kết quả đã nghiên cứu, dòng chảy tại chỗ đó có thể có lượng trộn khí 1% thì sự xâm thực phá hoại giảm rõ ràng, nếu lượng trộn khí đạt tới 5,7÷9,7% thì mặt bê tông có dòng chảy qua có thể tránh khỏi xâm thực phá hoại.

b. Thiết bị trộn khí công trình Cửa Đạt - Thanh Hoá

Đây là công trình thủy lợi, thủy điện đầu tiên ở Việt Nam nghiên cứu thiết kế bố trí thiết bị trộn khí giảm xâm thực.

Bảng 1. Kích thước cơ bản thiết bị trộn khí

Thiết bị trộn khí	Góc hắt a	Khoảng cách (m)
1	$7^0$	$L_1 = 37.5$
2	$5^0$	$L_2 = 60$
3	$3^0$	$L_3 = 75$

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Xuân Đặng, Ngô Trí Viêng; Công trình tháo lũ trong đầu mối hệ thống thủy lợi. NXB Khoa học và Kỹ thuật. Năm 1977.
2. Viện khoa học Thủy lợi; báo cáo kết quả: “Nghiên cứu mô hình tràn xả lũ Cửa Đạt - Thanh Hoá”, Hà Nội năm 2005.
3. Viện Khoa học Thủy lợi; báo cáo chuyên đề: “Nghiên cứu về dòng lưu tốc cao”, Hà Nội năm 2006.
4. Hydraulic Design of Spillways. USArmy Corps of Engineer, 1990.

#### Summary

#### HIGH VELOCITY FLOW ASSOCIATED WITH FLOOD DISCHARGE SPILLWAY

*In calculation for determination of spillway profile, the interesting subject for designer being considered is velocity flow in surface of spillway. In case of velocity are over 18m/s then aeration and cavitation phenomena may occur. The high velocity flow is not only causing cavitation but also making fluctuation of velocity field. The large fluctuation of velocity will make vibration in the structure of spillway. This article is to introduce some interested subject of high velocity flow associated with flood discharge spillway.*

Người phản biện: **GS. Vũ Trọng Hồng**

Hình 5. Sơ họa bố trí TBTB trên Cửa Đạt  
 Qua thí nghiệm, Viện Khoa học Thủy lợi đề nghị: Trên dốc nước tràn xả lũ hồ chứa nước Cửa Đạt bố trí 3 thiết bị trộn khí thì có hiệu quả hơn so với bố trí 2 thiết bị trộn khí. Kích thước cơ bản nêu ở bảng 1.

#### IV. KẾT LUẬN:

Các công trình tháo lũ có vận tốc dòng chảy từ 18m/s trở lên thường xuất hiện khí thực dẫn đến hiện tượng xâm thực. Để hạn chế xâm thực có thể dùng thiết bị trộn khí hay dùng vật liệu đặc biệt bảo vệ bề mặt công trình. Trên thế giới đã áp dụng nhiều dạng thiết bị trộn khí, ở Việt Nam chưa có công trình nào ứng dụng thiết bị trộn khí. Chúng tôi xin giới thiệu một số nghiên cứu về vấn đề trên để bạn đọc tham khảo. Một số nội dung chi tiết về khí thực chúng tôi sẽ nêu vào dịp khác.