

MỘT SỐ NGHIÊN CỨU TIÊU BIỂU VỀ DÒNG BIẾN LƯỢNG VÀ MÁNG TRÀN BÊN

Hoàng Nam Bình

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Đường tràn ngang là loại công trình tháo lũ tiêu biểu của loại đập vật liệu địa phương khi địa hình nhỏ hẹp không thể bố trí loại tràn dọc. Loại công trình thủy lực máng tràn bên của đường tràn ngang trong công trình hồ chứa nước đã được các nhà thủy lực học quan tâm nghiên cứu từ những năm đầu của thế kỷ XX. Dòng chảy trong máng tràn bên là bài toán tiêu biểu cho dòng chảy có lưu lượng thay đổi dọc theo chiều dòng chính. Công trình đập Hoover trên sông Colorado trên biên giới bang Nevada và Arizona - Mỹ được biết đến là công trình đầu tiên ứng dụng loại đập tràn ngang dựa trên kết quả của dự án nghiên cứu thử nghiệm lớn vào giữa những năm 30 của thế kỷ XX. Bài báo sẽ điểm lại những công trình khoa học đáng chú ý trong nước và thế giới về việc nghiên cứu loại công trình thủy lực này cũng như phương trình dòng biến lượng có lưu lượng tăng dần dọc theo chiều dòng chảy chính. Những thông tin trong bài báo sẽ là tài liệu tham khảo cho các nhà khoa học nghiên cứu về hiện tượng thủy lực thú vị này.

Từ khoá: Máng tràn bên, Dòng biến lượng, Đập tràn ngang.

Summary: Side-channel spillway is representative types of earth or rockfill dams to discharge floods instead of frontal-weir when terrains are narrow. The side-channels have been being studied since the early years of the twentieth century. Flow in side-channel is a typical hydraulics for spatially varied flow with increasing discharge. Hoover dam in the Colorado river on the Nevada and Arizona border (USA) is known as the first side-channel spillway in the world base on the results of a large test project in the mid 1930s. This article will review some remarkable study of hydraulic structures and spatially varied flow. Some information in this paper will be a reference for studying this exciting hydraulics phenomenon.

Keywords: Side-channel, Spatially varied flow, Side weir.

1. GIỚI THIỆU

Trong thực tế, hệ thống máng thu nước mưa trên mái nhà (hình 1), máng thoát nước tràn của bể bơi (hình 2) hay rãnh biên (hình 3), rãnh đỉnh, mương cắt dốc (hình 4) là ứng dụng của máng tràn bên có lưu lượng tăng dần dọc theo chiều dài của máng.

Các công trình thủy lợi đầu mối thường áp dụng hình thức tràn ngang khi gặp địa hình dốc, hẹp ở khu vực xây dựng công trình, sườn núi không có vị trí thích hợp để bố trí tràn dọc hay các hình thức tháo lũ khác. Máng tràn bên của đường

tràn ngang thường có mặt cắt ngang hình chữ nhật hoặc hình thang (hình 5, hình 6, hình 7). Đáy máng theo phương dòng chảy có thể thẳng hoặc cong với độ dốc nào đó phù hợp với tính toán thủy lực. Ưu điểm của máng tràn bên là vận tốc dòng chảy nhỏ ở khu vực đầu vào máng, mực nước trong hồ tăng không đáng kể khi lưu lượng xả lớn, phụ thuộc vào cấu trúc và hình dạng máng. Năng lượng được tiêu tán tốt hơn, cột nước đầu kênh chuyển tiếp lớn hơn so với tràn dọc với cùng lưu lượng đơn vị, giảm nguy cơ xói. Nhược điểm là mực nước hồ tăng đột

Ngày nhận bài: 20/9/2018

Ngày thông qua phản biện: 11/11/2018

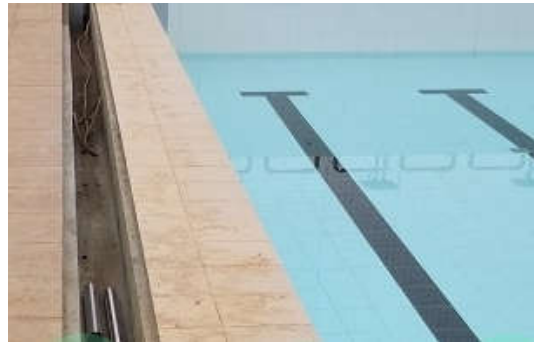
Ngày duyệt đăng: 28/11/2018

biến khi dòng chảy trong máng chuyển trạng thái từ tự do sang chảy ngập và dòng xoáy sẽ

lan truyền xuống máng liền kề hoặc kênh tháo.



Hình 1. Máng thu nước mưa trên mái nhà



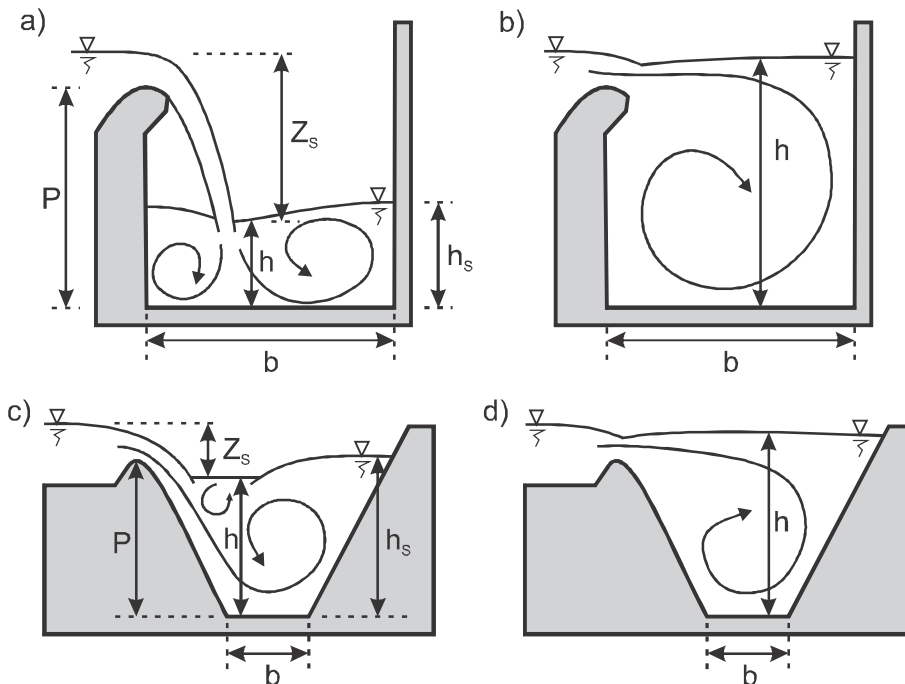
Hình 2. Máng thu nước tràn của bể bơi



Hình 3. Rãnh biên thoát nước ven đường



Hình 4. Kênh tiêu cắt dốc



Hình 5. Mặt cắt ngang dòng chảy trong máng bên hình chữ nhật và hình thang



Hình 6. Đường tràn ngang và máng bên hồ Đa My, tỉnh Bình Thuận



Hình 7. Đường tràn ngang và máng bên đập Hoover, Mỹ

2. CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI

Dòng chảy không ổn định và dòng chảy biến đổi gấp trong lòng dẫn hở là những hiện tượng thủy lực đã được nghiên cứu từ thế kỷ XVIII. Dòng biến lượng là một dạng riêng của vật thể chuyển động có khối lượng thay đổi. Các nhà cơ học đặt ra những cơ sở khoa học cho việc nghiên cứu hiện tượng này từ cuối thế kỷ XIX đầu thế kỷ XX.

Hinds J. được biết đến là tác giả đầu tiên trên thế giới nghiên cứu chế độ thủy lực trong máng tràn bên và được công bố năm 1926. Theo đó, chế độ thủy lực trong máng tràn bên là dòng biến lượng có lưu lượng tăng dần dọc theo máng, phụ thuộc vào lưu lượng gia nhập ở cạnh bên.

Julian Hinds sinh ngày 22/12/1881 tại Warrenton, bang Alabama, Mỹ và mất ngày 15/7/1977 tại Santa Barbara, bang California, Mỹ. Quá trình làm việc, Hinds đã đạt nhiều giải thưởng và là tác giả hoặc đồng tác giả nhiều bài báo và sách về công trình đập, thí nghiệm thủy lực công trình [17].

Nghiên cứu ban đầu của Hinds (1926) cho thấy, tổn thất năng lượng dòng chảy trong máng có thể xác định bằng phương trình động lượng, phụ thuộc vào lưu lượng gia nhập ở cạnh bên. Đối với những dòng chảy dạng này, Hinds giả định rằng lưu lượng tăng tuyến tính dọc theo chiều dài máng, $Q = qx$ (với q là lưu lượng đơn vị và x là tọa độ dọc theo máng). Tại vị trí đầu máng ($x = 0$) thì lưu lượng $Q = 0$, tức là cạnh đầu máng không có dòng chảy. Hinds cũng tiếp tục giả định vận tốc dòng chảy bình quân dọc theo máng có mối quan hệ với tọa độ dọc máng là $v = ax^n$ (với a và

n là hằng số). Phương trình động lượng thể hiện mối quan hệ giữa chiều sâu dòng chảy, lưu tốc và lưu lượng trong máng như sau:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{v}{g} \frac{dv}{dx} + \frac{qv^2}{gQ} \quad (1)$$

trong đó: g - gia tốc trọng trường, $g = 9,81\text{m/s}^2$.

Lời giải của phương trình (1) được tìm bằng phương pháp cộng từng bước, bắt đầu từ điều kiện biên và dòng chảy ở hạ lưu máng bên là dòng chảy êm. Trong trường hợp dòng chảy đoạn đầu kênh nối tiếp máng bên là dòng chảy xiết, Hinds (1926) giả thiết gần đúng chiều sâu dòng chảy tại đó là chiều sâu phân giới. Các thí nghiệm thường quan sát thấy hiện tượng không khí bị cuốn vào dòng chảy làm tăng sự xáo trộn bề mặt tới gần cuối hạ lưu máng tràn bên. Các đặc trưng cấu trúc dòng xoáy trong máng tràn bên phụ thuộc dòng gia nhập. Các dòng xoáy đó được gọi là dòng xoáy ốc.

Henry Favre sinh ngày 10/6/1901 tại Genève, Thụy Sĩ và mất ngày 30/5/1966 tại Zurich, Thụy Sĩ. Favre lần đầu nghiên cứu về dòng biến lượng năm 1933 [9], trong đó phương trình cơ bản của dòng ổn định trong kênh thu nhận được từ phương trình năng lượng và phương trình động lượng. Sau đó Favre tiến hành nghiên cứu chi tiết cho trường hợp dòng chảy có lưu lượng tăng dần dọc theo kênh dẫn. Các giải pháp và luận giải chặt chẽ hơn nghiên cứu ban đầu của Hinds (1926). Favre đã đưa ra được giải pháp nghiên cứu khá chính xác đối với chất lỏng lý tưởng trong kênh dẫn mặt cắt hình chữ nhật, được kiểm chứng bằng các kết quả thí nghiệm và phù hợp với lý thuyết.

Phương trình dòng biến lượng được bổ sung thêm thành phần tổn thất năng lượng tỷ lệ thuận với lưu tốc cục bộ, hướng dòng chảy gia nhập ở cạnh bên và tỷ lệ giữa lưu lượng gia nhập với lưu lượng trong máng bên tại vị trí gia nhập [8].

Năm 1934, Meyer - Peter và Favre đã áp dụng các kết quả nghiên cứu trước đó cho máng tràn bên của đập Boulder, nay là đập Hoover trên sông Colorado (Hình). Các kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ phù hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm là tương đối tốt.

Cũng trong năm 1934, tác giả Beij đã công bố kết quả nghiên cứu của mình. Karl Hilding Beij sinh ngày 10/11/1893 tại Hartford, bang Connecticut, Mỹ và mất ngày 26/02/1986 tại Franklin, bang New Hampshire, Mỹ [18]. Beij đã nghiên cứu chế độ thủy lực trong máng thu nước mưa trên mái nhà và kết luận rằng đây là trường hợp ứng dụng đặc biệt của máng tràn bên. Hình dạng mặt cắt máng thu nước mưa được xem xét với ba dạng cơ bản là nửa hình tròn, hình tam giác và hình chữ nhật. Phương trình xác định đường mặt nước được thiết lập dựa trên phương trình động lượng tương tự Hinds (1926). Ngoài ra, Beij bước đầu nghiên cứu chế độ thủy lực chuyển tiếp từ máng tràn bên sang đoạn kênh nối tiếp. Beij thiết lập trạng thái chảy trong đoạn kênh nối tiếp là dòng chảy xiết. Quan sát chi tiết thí nghiệm, nhận thấy chiều sâu dòng chảy lớn nhất xảy ra trên đoạn đầu kênh nối tiếp, giá trị lần lượt là [2]:

$\sqrt{3}h_k$ đối với kênh có mặt cắt hình chữ nhật; và

$\sqrt[3]{\frac{5}{2}}h_k$ đối với kênh có mặt cắt hình tam giác,

trong đó: h_k - chiều sâu phân giới.

Từ nghiên cứu thực nghiệm, Beij đã xác định được khả năng tháo của máng thu nước mưa trên mái nhà và đã viết chỉ dẫn thiết kế máng thu nước mưa.

John Chatfield Page sinh ngày 12/10/1887 tại Syracuse, bang Nebraska, Mỹ và mất ngày 23/3/1955 tại Denver, bang Colorado, Mỹ [18]. Với vai trò chủ nhiệm dự án Boulder Canyon của Cục Khai hoang Mỹ, John C. Page đã thực hiện nhiều dự án điều tra khảo sát thủy lực công trình đập, trong đó có dự án nghiên cứu chế độ thủy lực

máng tràn bên của đập Boulder Canyon. Các thí nghiệm chủ yếu thực hiện đo đạc quan trắc đường mặt nước trong máng tràn bên có mặt cắt hình thang và so sánh với kết quả tính toán từ phương trình động lượng (1). Tác giả đã đưa ra nhận định rằng sẽ xuất hiện dòng xoắn mạnh ba chiều khi lưu lượng xả qua tràn nhỏ do chênh lệch cao trình đỉnh tràn ngang với đáy máng tràn bên [8].

Cho đến nay, công trình nghiên cứu về thủy lực máng bên được trích dẫn nhiều nhất là công trình nghiên cứu của tác giả Camp (1940). Thomas Ringgold Camp sinh ngày 05/11/1895 tại San Antonio, bang Texas, Mỹ và mất ngày 15/11/1971 tại Boston, bang Massachusetts, Mỹ [18]. Nghiên cứu dòng chảy trong máng tràn bên, Camp cũng sử dụng phương trình động lượng với việc đơn giản hóa thành phần ma sát và máng có mặt cắt lăng trụ với chiều rộng đáy không đổi. Mặt cắt máng bên được nghiên cứu cho cả dạng hình chữ nhật và khác hình chữ nhật. Phương trình nhận được nghiệm đóng có dạng một đẳng thức tích phân. Thành phần ma sát được xác định từ thực nghiệm khi nghiên cứu bằng dòng ổn định. Kết quả nghiên cứu của Camp đã giúp giải quyết được bài toán của trạm xử lý nước thải, chẳng hạn như việc thiết kế hệ thống lọc cặn nước thải [8].

Những năm đầu thập niên 40 của thế kỷ XX, các nhà khoa học thủy lực ở Châu Âu đã nghiên cứu bổ sung về lý thuyết và thực nghiệm cho dòng chảy trong máng tràn bên. Giulio De Marchi là một nhà khoa học về thủy lực ở Châu Âu nổi tiếng trong lĩnh vực nghiên cứu thủy lực máng tràn bên. Giulio De Marchi sinh ngày 06/8/1890 tại Canneto Pavese, Ý và mất ngày 15/3/1972 tại Milano, Ý [18]. De Marchi, G. (1941) đã áp dụng phương trình động lượng cho dòng biến lượng để xác định đường mặt nước trong máng tràn bên ở trạng thái chảy êm, chảy xiết và trạng thái chảy xiết - êm thông qua nước nhảy. Tác giả đã nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm dạng đường mặt nước trên kênh lăng trụ mặt cắt hình chữ nhật.

Duilio Citrini là nhà khoa học kế cận các nghiên cứu của De Marchi. Duilio Citrini sinh ngày 26/4/1913 tại Milano, Ý và mất ngày 06/01/2006 [18]. Citrini (1942) đã nghiên cứu chi tiết dòng

chảy trong máng bên khi có lưu lượng gia nhập tăng dần dọc theo máng. Tác giả đã bổ sung tham số vào phương trình đường mặt nước. Tham số đó phụ thuộc vào chiều rộng kênh và số Froude. Cũng theo nghiên cứu của tác giả, dòng chảy phía thượng lưu máng bên ở trạng thái êm có chiều sâu lớn nhất khi mặt cắt là hình tam giác và nhỏ nhất khi mặt cắt là hình chữ nhật. Citrini (1948) đã nghiên cứu chi tiết hơn về hiện tượng nước nhảy, tổn thất năng lượng trong máng bên và ảnh hưởng của hướng dòng chảy gia nhập tới dạng đường mặt nước.

Garbis H. Keulegan được biết đến là một nhà khoa học về toán học và thủy lực học, tiểu sử và các công trình khoa học tiêu biểu của tác giả được giới thiệu trong Tuyển tập các nhà khoa học về thủy lực ở Châu Âu giai đoạn 1800 - 2000 [9]. Keulegan sinh ngày 12/7/1890 tại Armenia (Thổ Nhĩ Kỳ) và mất ngày 28/7/1989 tại Vicksburg, bang Mississippi, Mỹ. Keulegan là người đầu tiên ứng dụng phương pháp tìm điểm suy biến từ phương trình vi phân khảo sát đường mặt nước trong máng bên trên cơ sở phương pháp của De Marchi. Theo nghiên cứu của Keulegan G. H. (1952), phương trình mô phỏng đường mặt nước trong máng tràn bên lắng trụ mặt cắt hình chữ nhật có dạng: [11]

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_0 - S_f - 2 \frac{Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x}}{1 - Fr^2} = \frac{S_0 - S_f - \frac{2q^2 x}{gb^2 h^2}}{1 - \frac{q^2 x^2}{gb^2 h^3}} \quad (2)$$

trong đó:

S_0 - độ dốc đáy máng bên;

S_f - độ dốc ma sát (độ dốc thủy lực).

b - chiều rộng đáy máng bên (b là hằng số vì máng có dạng lắng trụ);

q - lưu lượng trên một đơn vị chiều dài máng bên.

Tại điểm suy biến, dòng chảy ở trạng thái chảy phân giới ($Fr^2 = 1$), khi đó cả tử số và mẫu số cùng tiến tới "0". Cũng tại điểm suy biến này thì độ dốc

thủy lực là $S_f = \frac{f v^2}{h 2g}$. Như vậy, từ phương trình

(2) nhận được hệ phương trình (3):

$$\begin{cases} S_0 - \frac{f v^2}{h 2g} - \frac{2q^2 x}{gb^2 h^2} = 0 \\ 1 - \frac{q^2 x^2}{gb^2 h^3} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Trong hệ phương trình (3), hệ số ma sát f được xác định theo kết quả thí nghiệm của Beij (1934). Hệ phương trình được ứng dụng để khảo sát đường mặt nước trong máng bên. Theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của Keulegan G. H. (1952) thì hệ phương trình (3) cho kết quả tương đối phù hợp khi chiều sâu dòng chảy trong máng rất nhỏ.

Li W. H. cũng nghiên cứu dòng chảy một chiều trong máng tràn bên bằng phương trình động lượng. Wen Hsiung Li sinh ngày 05/11/1918 tại tỉnh Sin Hiu, Trung Quốc và mất ngày 13/9/2002 tại Hartford, bang Connecticut, Mỹ [18]. Li W. H. đặc biệt quan tâm nghiên cứu ảnh hưởng của độ dốc đáy máng và phân loại chúng theo số Froude và tỷ số $\frac{S_0 L}{h_{TW}}$, trong đó L là chiều dài đường tràn

ngang, S_0 là độ dốc đáy máng và h_{TW} là chiều sâu dòng chảy cuối máng tràn bên. Hình dạng mặt cắt máng được nghiên cứu là hình chữ nhật và một số dạng mặt cắt hình thang. Tác giả cũng nghiên cứu dòng chảy trong máng ở cả hai trạng thái êm và xiết. Kết quả nghiên cứu của tác giả cho thấy ảnh hưởng của độ nhám máng bên là không đáng kể, do đó có thể bỏ qua ảnh hưởng của chúng tới chế độ thủy lực trong máng [14].

Sassoli đã thực hiện một dự án thí nghiệm nghiên cứu dạng đường mặt nước trong máng tràn bên của đường tràn ngang. Franco Sassoli sinh ngày 15/5/1923 tại Pisa, Ý [9]. Sassoli tiến hành thí nghiệm trên máng bên có chiều dài 10m, chiều rộng 0,5m, mặt cắt hình chữ nhật, trong đó 2,5m đầu máng có lưu lượng gia nhập cạnh bên. Độ dốc đáy máng được thiết kế 10 cấp từ $S_0 = 0,05$ đến $S_0 = 0,15$. Lưu tốc trong máng bên được đo bằng ống Pito để từ đó xác định hệ số hiệu chỉnh động lượng. Dạng mặt nước trên mặt cắt ngang được

mô phỏng toán học bằng cách bổ sung thêm lưới tính một chiều [15].

Chow V. T. là một nhà khoa học nổi tiếng trong lĩnh vực thủy lực, thủy văn. Ven Te Chow sinh ngày 07/10/1919 tại Hàng Châu, Trung Quốc và mất ngày 30/7/1981 tại Champaign, bang Illinois, Mỹ [18]. Chow V. T. đã xây dựng phương trình chuyển động cho dòng ổn định có lưu lượng thay đổi dọc đường trong kênh hở và ứng dụng cho các đập tràn ngang tháo lũ. Trong khi thiết lập phương trình chuyển động, tác giả đã cho rằng, dòng chảy phụ chảy vuông góc vào dòng chính. Vấn đề khảo sát các phương trình rất phức tạp, không dễ dàng như khi khảo sát dòng chảy trong kênh lắng trụ chảy ổn định với lưu lượng không đổi. Chow V. T. gọi dòng chảy như vậy là dòng chảy thay đổi theo không gian [4].

Áp dụng nguyên lý động lượng và năng lượng, Chow V. T. đã thiết lập được phương trình vi phân đường mặt nước trong máng tràn bên có lưu lượng tăng dần theo chiều dài máng. Các phương trình nhận được lần lượt là (4) và (5) [4]:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_0 - S_f - 2 \frac{Qq}{gA^2}}{1 - \frac{Q^2}{gA^2} \bar{h}} \quad (4)$$

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_0 - S_f - \frac{Qq}{gA^2}}{1 - \frac{Q^2}{gA^2} \bar{h}} \quad (5)$$

Phương trình (4) của Chow V. T. cũng giống phương trình (2) của Keulegan G. H, trong đó $\bar{h} = \frac{A}{B}$ là chiều sâu trong bình trong máng và B là chiều rộng mặt thoáng. Các ký hiệu khác như đã biết ở trên.

Các nhà khoa học về thủy lực ở Liên Xô (cũ) như Konovalov I. M., Malisevski N. G., Milovitov A. IA., Nenko IA. G., Gaxanov G. T. ... cũng có những công trình nghiên cứu về dòng biến lượng và máng tràn bên [1] [13]. Tuy nhiên, do chưa được tiếp cận với các tài liệu gốc của các tác giả

nên chỉ dừng ở việc tham chiếu lại từ tác giả khác.

Konovalov I. M. (1937) đã công bố nghiên cứu về dòng biến lượng trong cuốn Dòng chảy có lưu lượng thay đổi (Движение жидкости с переменным расходом). Theo đó, phương trình khảo sát đường mặt nước trong máng được thiết lập dựa trên nguyên lý năng lượng. Phương trình thu nhận được là tổ hợp sự biến đổi của cột nước lưu tốc trung bình mặt cắt và tỷ lệ giữa cột nước lưu tốc trung bình đoạn tính toán với chiều dài đoạn tính toán. Phương trình của Konovalov có xét đến ảnh hưởng của hướng dòng chảy gia nhập hay phân tán. Phương trình có dạng: [1] [13]

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S_0 - S_f - k_0 \frac{Q}{gA^2} \frac{dQ}{dx} + \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x}}{1 - Fr^2} \quad (6)$$

trong đó:

k_0 - hệ số, $k_0 = 1 + \alpha - n_0$;

α - hệ số hiệu chỉnh động năng;

n_0 - tỷ số giữa hình chiếu của lưu tốc toàn phần của khối gia nhập hoặc phân tán lên phương chuyển động v_{lx} và vận tốc của dòng chủ v . Nếu khối gia nhập hoặc phân tán chuyển động thẳng góc với dòng chủ thì $v_{lx} = 0$ và $n_0 = 0$.

3. CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU TRONG NƯỚC

GS. Nguyễn Văn Cung nguyên hiệu trưởng Trường Đại học Thủy lợi thời kỳ 1974 - 1981. Giáo sư sinh ngày 15/9/1930 tại xã Bùi Xá, huyện Đức Thọ, tỉnh Hà Tĩnh và mất năm 1981 tại Hà Nội. GS. Nguyễn Văn Cung (1964) đã xây dựng phương trình động lực cho dòng chảy ổn định có lưu lượng thay đổi dọc dòng chảy chính. Gia tốc của dòng phụ tác động lên dòng chảy chính được tác giả tìm ra nhờ nguyên lý bảo toàn động lượng. Các kết quả nghiên cứu đó đưa đến phương trình động lực đối với dòng chất lỏng lý tưởng. Phương trình có dạng:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} + \int \frac{v - v_{lx}}{gQ} dQ + h_f = \text{const} \quad (7)$$

GS. TS. Hoàng Tur An nguyên giảng viên bộ môn Thủy lực, trường Đại học Thủy lợi (1965 - 2006). Giáo sư sinh ngày 20/4/1941 tại xã Nhân Thành, huyện Yên Thành, tỉnh Nghệ An. Năm 1987, khi nghiên cứu về dòng chảy trên hệ thống kênh dẫn trạm thủy điện nhỏ kiểu đường dẫn hở, GS. TS. Hoàng Tur An và cs. đã phối hợp với Công ty Điện lực Sông Đà phát triển các ý tưởng của GS. Nguyễn Văn Cung và các nhà khoa học khác để mở rộng bài toán dòng không ổn định có lưu lượng thay đổi dọc theo dòng chính.

Phương trình cơ bản của chuyển động ổn định có lưu lượng thay đổi dọc đường dẫn khi có dòng gia nhập hoặc phân tán có dạng như sau [1]:

$$\frac{1}{g} \int \frac{1-n_0}{A} v dQ + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z + h_f = \text{const} \quad (8)$$

Các đại lượng trong phương trình (7) và (8) như sau:

n_0 - tỷ số giữa hình chiếu của vận tốc toàn phần của khối gia nhập hoặc phân tán lên phương chuyển động v_{lx} và vận tốc của dòng chủ v ,

$n_0 = \frac{v_{lx}}{v}$. Nếu khối gia nhập hoặc phân tán chuyển động thẳng góc với dòng chủ thì $v_{lx} = 0$ và $n_0 = 0$;

dQ - sự thay đổi lưu lượng trên chiều dài đoạn lòng dẫn dx ;

A - diện tích mặt cắt ướt của dòng chủ;

z - vị năng đơn vị của một điểm đang xét tại một mặt cắt trong dòng chủ;

$\frac{p}{\gamma}$ - áp năng đơn vị của một điểm đang xét tại một mặt cắt trong dòng chủ;

h_f - cột nước tổn thất năng lượng.

Phương trình (7) và (8) cũng có xét đến ảnh hưởng của lưu tốc dòng gia nhập hay phân tán v_{lx} . Ứng dụng các phương trình có thể tính toán

thủy lực cho đường tràn ngang, máng tràn bên tháo lũ ở các hồ chứa, các hệ thống dẫn nước có đường tràn bên và các hệ thống tiêu nước vùng triều...

4. KẾT LUẬN

Hiện nay, việc thiết kế thủy lực máng tràn bên của đường tràn ngang đã được trình bày trong các sổ tay tính toán thiết kế công trình thủy lợi trong và ngoài nước. Hiện tượng dòng biến lượng trong máng tràn bên tuy bắt đầu nghiên cứu từ những thập niên đầu của thế kỷ XX, muộn hơn so với nghiên cứu các dạng chuyển động khác của chất lỏng, nhưng đến khoảng giữa thế kỷ XX, lý thuyết về hiện tượng thủy lực này đã gần như được hoàn thiện. Vì có sự gia nhập dòng chảy liên tục dọc theo chiều dài máng bên nên tổn thất năng lượng trong dòng chảy khá lớn, do đó phương trình năng lượng không mô phỏng được hiện tượng mà phải sử dụng phương trình động lượng. Dựa vào phương trình động lượng và điều kiện biên, đường mặt nước trong máng được xác định. Phương pháp nghiên cứu dần được hoàn thiện khi Keulegan G. H. lần đầu tiên sử dụng phương pháp phân tích suy biến phương trình vi phân dòng biến lượng của De Marchi. Bài báo đã trình bày các công trình nghiên cứu thủy lực máng tràn bên của đường tràn ngang ở công trình đầu mối hồ chứa nước trong và ngoài nước. Đây là một hiện tượng thủy lực thú vị, đó là dòng biến lượng có lưu lượng tăng dần dọc theo chiều dài máng bên. Các nhà khoa học thủy lực hàng đầu thế giới nghiên cứu hiện tượng thủy lực này đến từ các quốc gia mạnh về khoa học và công nghệ như Mỹ, Nga, Ý và các nhà khoa học Liên Xô (cũ). Trong tương lai, có thể sẽ có những nghiên cứu bổ sung, chi tiết hơn, nhằm hoàn thiện những tồn tại mà bản thân phương trình dòng biến lượng chưa giải quyết được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hoàng Tư An và cs. (2004), Dòng chảy không gian không ổn định trong hệ thống kênh dẫn hở của trạm Thủy điện, Tạp chí Thủy lợi và Môi trường, số 5.
- [2] Beij K. H. (1934), Flow in roof gutters, U.S. Dept. of Commerce, Bureau of Standards: Research Paper RP644, Bureau of Standards J. Res., 12, 193–213.
- [3] Camp, T. R., (1940), Lateral spillway channels, Trans. ASCE, vol. 105, p. 606-637.
- [4] Chow V.T. (1969) - Spatially varied flow equations - Water resources research, University of Illinois, Urbana, Illinois 61801, Vol. 5, No. 5, p.1124-1128;
- [5] Citrini D. (1942), Canali rettangolari con portata e larghezza gradualmente variabili (Rectangular channels with gradually-varied discharge and width). L'Energia Elettrica 19(5), 254-262; 19(6), 297-301 [in Italian].
- [6] Nguyễn Văn Cung và cs. (1964), Dòng biến lượng và đập tràn ngang, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật, số 18;
- [7] De Marchi G. (1941), Canali con portata progressivamente crescente (Channels with progressively increasing discharge), L'Energia Elettrica, 18(6), 351–360 (in Italian).
- [8] Hager W. H. (1983), Open channel hydraulics of flows with increasing discharge, Journal of Hydraulic Research, 21:3, 177-193, DOI: 10.1080/00221688309499413.
- [9] Hager W. H. (2009), Hydraulicians in Europe 1800-2000, Vol. 2, © Taylor&Francis group.
- [10] Hinds, J. (1926), Side channel spillways: Hydraulic theory, economic factors, and experimental determination of losses. Trans. ASCE, vol. 89, p. 881-939.
- [11] Keulegan G. H. (1944), Spatially variable discharge over a sloping plane. Trans. AGU 6, 956-959.
- [12] Keulegan G. H. (1952), Determination of critical depth in spatially variable flow, Proc. 2nd Mid-western Conf. Fluid Mechanics, Ohio State University, 67-80.
- [13] Kiselev K. G. và nnk., (1984), Sổ tay tính toán thủy lực (bản dịch tiếng Việt), NXB. Nông nghiệp.
- [14] Li, W. H. (1955), Open channels with non-uniform discharge. Trans. ASCE 120, 255-280.
- [15] Sassoli, F. (1959), Canali collettori laterali a forte pendenza (Side-channels of large bottom slope), L'Energia Elettrica 36(1), 26-39 [in Italian].
- [16] Viện Khoa học Thủy lợi, (2005), Sổ tay Kỹ thuật thủy lợi, Phần 2 - Công trình thủy lợi, Tập 2 - B. Công trình tháo lũ, NXB. Nông nghiệp.
- [17] Website: <https://www.chi-epsilon.org/XEWebGeneral2/About/NHMBio.aspx?MemberId=13>
- [18] Website: <http://wikipedia.org/>