

**XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CHỐNG NƯỚC
VA TRONG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC BẰNG PHẦN MỀM HAMMER V8**

Trần Đăng An⁽¹⁾, Đoàn Thu Hà⁽²⁾, Nguyễn Thị Thu Trang⁽²⁾

Tóm tắt: Nước va là một hiện tượng thường gặp rất nhiều trong các hệ thống cấp nước, hệ thống máy bơm, đường ống áp lực... Nếu không xác định được các đặc tính của nước va và không có các biện pháp chống va hợp lý, nước va sẽ gây phá hoại các công trình cấp nước. Do vậy, việc nghiên cứu để xác định các đặc tính của nước va bao gồm (diễn biến, thời gian, vị trí và các trị số của nước va) từ đó đề xuất các biện pháp chống va là hết sức cần thiết. Nghiên cứu này trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính và các giải pháp phòng chống nước va trong hệ thống cấp nước đô thị bằng phần mềm Hammer V8 của hãng Bentley, Mỹ.

Từ khóa: Nước va, hệ thống cấp nước, hệ thống máy bơm, đường ống áp lực.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nước va trong đường ống áp lực làm việc dưới chế độ không ổn định xuất hiện nhiều trong thực tế, ví dụ dòng chảy trong ống dẫn dầu, trong ống hút ống đẩy máy bơm, trong đường ống cấp nước...; đặc biệt nước va xuất hiện trong ống áp lực của hệ thống cấp nước, nhà máy thủy điện có ảnh hưởng lớn đến độ bền, sự vận hành độ an toàn, và tính kinh tế của hệ thống cấp nước cũng như các nhà máy thủy điện. Do vậy, tính toán chính xác giá trị nước va, vị trí và diễn biến nước va theo thời gian là yêu cầu hết sức quan trọng quá trình thiết kế hệ thống, nhằm đưa ra các biện pháp chống va hiệu quả.

Ngày nay cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ thông tin và toán ứng dụng, việc xác định các đặc tính nước va (diễn biến, thời gian, vị trí và các trị số của nước va) được hỗ trợ bởi máy tính cho ta những kết quả trực quan và chính xác. Bài báo này sẽ đi sâu vào nghiên cứu ứng dụng phần mềm tính toán và phân tích nước va Hammer V8 của hãng Bentley, Mỹ

(Hammer User Guide, 2003) vào việc mô phỏng các trường hợp xuất hiện nước va trong đường ống áp lực của mạng lưới cấp nước, từ đó đề xuất các giải pháp để tránh hiện tượng nước va.

2. CÁC VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN NƯỚC VA

Khi vận tốc trong ống biến đổi nhanh theo thời gian, áp lực sẽ biến đổi và truyền dọc theo ống với tốc độ âm thanh trong nước. Làn sóng áp lực này khi truyền dọc trong nước sẽ gặp các công trình và thiết bị trên mạng lưới như các van, bể chứa... và dội lại tạo nên một trạng thái phức tạp về lưu lượng và áp lực trong đường ống gọi là hiện tượng nước va.

2.1. Phương trình nước va

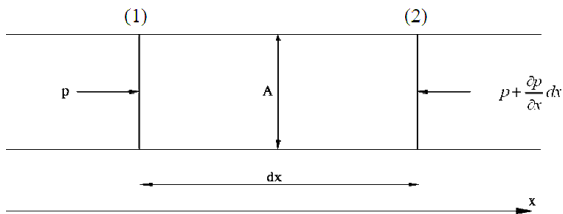
Xét một đoạn ống như hình 1 giả thiết ống nằm ngang. Hướng dòng chảy theo trục x. Vấn đề là phải xác định được vận tốc nước v và áp lực P ở bất kì một vị trí nào trên tuyến ống và ở thời điểm bất cứ nào. Có nghĩa là phải xác định được 2 hệ thức: $v = v(x,t)$; $P = P(x,t)$. Hai hệ thức này phải thỏa mãn 2 phương trình cơ bản của thủy động lực học là:

Phương trình cơ bản của động lực:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -g \frac{\partial h}{\partial x} \quad (1)$$

¹ Bộ môn Kỹ thuật Tài nguyên nước và Môi trường, Đại học Thủy Lợi – Cơ sở 2.

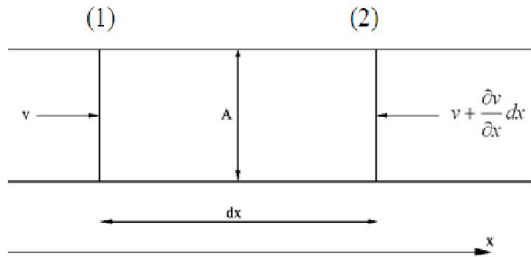
² Bộ môn Cấp thoát nước - Đại học Thủy Lợi.



Hình 1. Sơ đồ diễn toán phương trình động lực dòng chảy trong ống có áp

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{g}{a^2} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2)$$



Hình 2. Sơ đồ diễn toán phương liên tục của dòng chảy trong ống có áp

Kết hợp 1 và 2 ta có hệ phương trình:

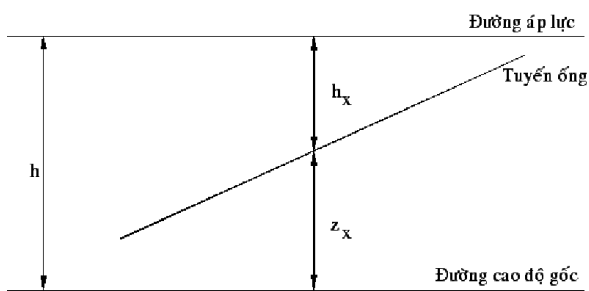
$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial t} = -g \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{g}{a^2} \frac{\partial h}{\partial t} \end{cases} \quad (I)$$

Muốn giải hệ phương trình này ta khử một trong 2 ẩn số và lấy vi phân bậc 1 của 2 phương trình trong hệ (I). Kết quả giải hệ phương trình (I) như sau:

$$\begin{cases} v - v_0 = \frac{g}{a} \left(f\left(t - \frac{x}{a}\right) + F\left(t + \frac{x}{a}\right) \right) \\ h - h_0 = f\left(t - \frac{x}{a}\right) + F\left(t + \frac{x}{a}\right) \end{cases}$$

Trong đó: h_0, v_0 là áp lực và vận tốc vào thời điểm $t = 0$ (trước khi đóng van).

F và f là hàm phụ thuộc vào cách đóng van.



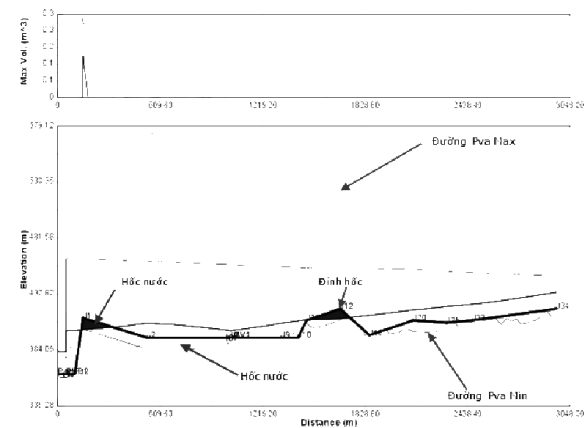
Hình 3. Sơ đồ mô phỏng các thông số tính toán nước va

2.2. Các trường hợp gây ra áp lực nước va trong đường ống áp lực

Hiện tượng nước va xảy ra chủ yếu do bơm và do đóng mở các thiết bị quản lý vận hành trên đường ống áp lực. Trong hai nguyên nhân cơ bản trên thì nước va xuất hiện trên một đường ống áp lực có bơm do: Mất điện cấp cho động cơ, bơm khởi động, bơm ngừng, đóng mở van trên đường ống khi bơm đang hoạt động. Khi xem xét hiện tượng nước va chúng ta cần xem xét các yếu tố ảnh hưởng đến nước va bao gồm:

- Chiều dài và đặc điểm hình học của tuyến ống;
- Mối tương quan giữa đường trắc dọc tuyến ống so với đường thủy lực;
- Các đặc điểm của bơm;

Các loại thiết bị đặt trên hệ thống bơm và tuyến ống.



Hình 4. Quá trình tạo hốc và tách cột nước theo thời gian.

2.3. Hiện tượng tách cột nước trong quá trình xảy ra nước va

Cho đến nay, người ta cho rằng ở hiện tượng nước va áp lực khi tụt xuống vẫn còn cao hơn áp lực hơi nước và cột nước được bảo toàn. Trên thực tế không phải luôn luôn như vậy. Ở các hệ thống áp lực thấp, trên đường ống áp lực đi qua vùng địa hình thay đổi lớn và khi quá trình va xảy ra quá nhanh, áp lực có thể tụt xuống áp lực hơi nước. Kết quả là trong khối

nước có hốc và cột nước có thể tách ra (mất liên tục) điều này ảnh hưởng rất lớn đến sự an toàn của đường ống. Hiện tượng này làm cho va thêm trầm trọng. Tách cột nước là sự mất liên tục của cột nước khi áp lực trong ống xuống thấp tới áp lực hơi nước. Hiện tượng tách cột nước xảy ra trong hai giai đoạn: Giai đoạn tạo hốc và giai đoạn tách cột nước

Giai đoạn tạo hốc: Ở giai đoạn này sự tạo hốc và sự phát hốc là do áp lực trong đường ống tụt xuống áp lực hơi nước. Nước bốc hơi hoặc sôi tạo thành bọt khí, các bọt này kết lại thành hốc nước như hình 4.

Giai đoạn tách cột nước: Tùy theo đặc điểm hình học của tuyến ống, hốc có thể phát triển và chiếm toàn bộ tiết diện ống, tách nước thành 2 cột. Một số tài liệu khảo sát thực tế cho thấy bọt khí lan ra hai bên hốc khá xa. Tách cột nước thường xảy ra trên đỉnh của các tuyến ống ở đây có cắt chuyển hướng dòng chảy. Trên các tuyến nằm ngang hốc có thể được tạo ở lưng trên của ống và phát triển trên một đoạn dài. Bọt khí tỏa ra 2 bên hốc rất xa tạo thành dòng chảy hốc. Tách cột nước và dòng chảy hốc là do áp suất thấp trong đường ống áp suất này do sóng âm gây ra. Sóng âm phản chiếu tại một biên hở ví dụ bể chứa thành sóng dương. Sóng dương trở về nén các bọt khí trong dòng chảy hốc, ở nơi có tách cột nước thì sóng dương làm giảm kích thước hốc và làm hốc khép lại; lúc đó hai cột nước gặp nhau ở vận tốc rất lớn tạo nên lực va chạm lớn trong đường ống. Gây phá hoại đường ống và các thiết bị.

3. ỨNG DỤNG PHẦN MỀM **HAMMER V8** TRONG TÍNH TOÁN MÔ PHÒNG NƯỚC VA

3.1. Giới thiệu về phần mềm Hammer

Phần mềm Hammer V8 là sản phẩm của hãng Bentley, Mỹ (Hammer User Guide, 2003). Phần mềm này cho phép tính toán các kịch bản cấp nước khác nhau, đồng thời mô phỏng, tính toán các kịch bản xuất hiện nước va trong đường ống áp lực. Xác định các đặc tính quan

trọng của nước va (trị số, vị trí diễn biến theo thời gian của nước va) từ đó xác định các vị trí bất lợi trên đường ống giúp người thiết kế đường ống áp lực đưa ra các biện pháp hạn chế và triệt tiêu các ảnh hưởng của nước va đối với sự làm việc của hệ thống.

3.2. Phân tích nước va trên mạng lưới cấp nước điển hình

Mạng lưới cấp nước điển hình cho khu vực nghiên cứu có cấu tạo gồm 37 nút và 50 đoạn ống tính toán, có hệ thống bơm, 2 bể chứa tại vị trí Res1 và Res2 và thiết bị chống va như hình 5 dưới đây.

Để phân tích các đặc tính nước va ta cần đưa ra các tiêu chuẩn phân tích như sau:

- Chọn tuyến phân tích dựa trên các điều kiện về đặc điểm dùng nước, trắc dọc tuyến ống cấp nước có các điểm cao;

- Lựa chọn trường hợp cần tính toán nước va;

Trên cơ sở đó, đối với mạng lưới cấp nước nghiên cứu ta chọn các tuyến có khả năng xảy ra hiện tượng nước va khi mất điện đột ngột là các tuyến:

- Tuyến 1: TB1 – Bể chứa 2 ;
- Tuyến 2: TB1 – Nút 37;
- Tuyến 3: TB1 – Nút 34.

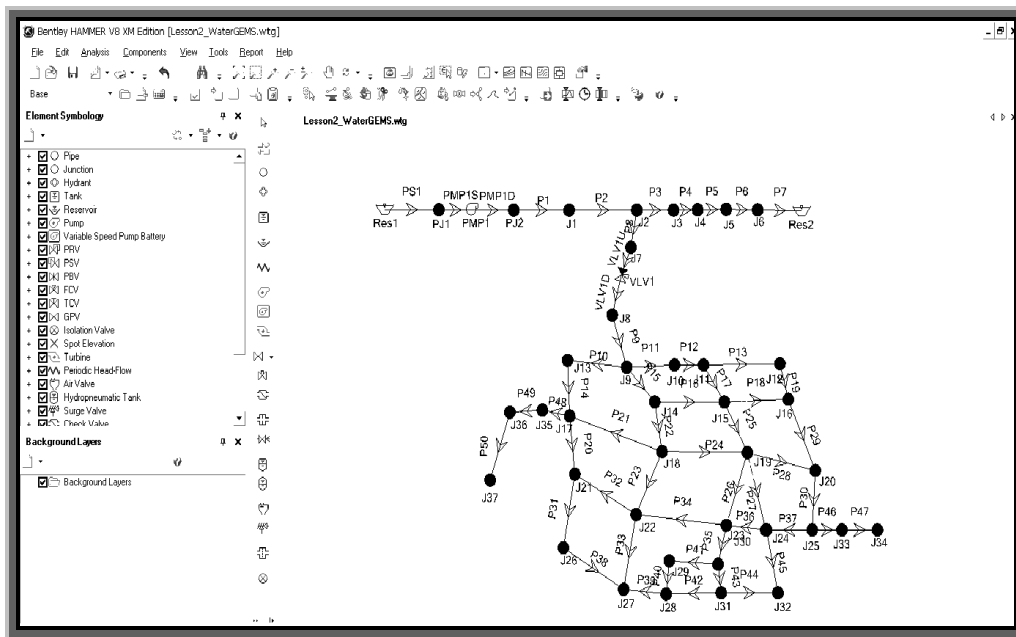
Khi mất điện đột ngột hiện tượng nước va xảy ra trên 3 tuyến như hình 6. Trên tuyến TB1- Bể chứa 2 nước va gây ra áp lực âm trên toàn tuyến và xuất hiện hiện các hốc. Dựa vào kết quả phân tích trên ta thấy các đặc tính nước va trên tuyến TB1- Bể chứa 2 như sau:

- $V_{hốc} = Q_{vào} - Q_{ra} = 0.3 m^3$

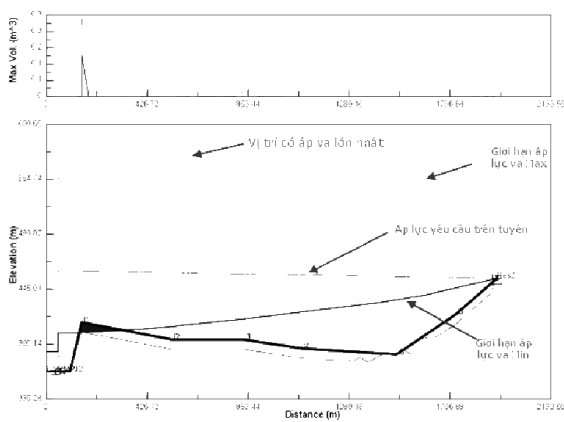
- *Áp lực nước va Max $P_v = 192.03m$, tại điểm cách TB1 là $L = 640.08 m$*

- *Thời gian xảy ra va lớn nhất là 45s sau khi mất điện.*

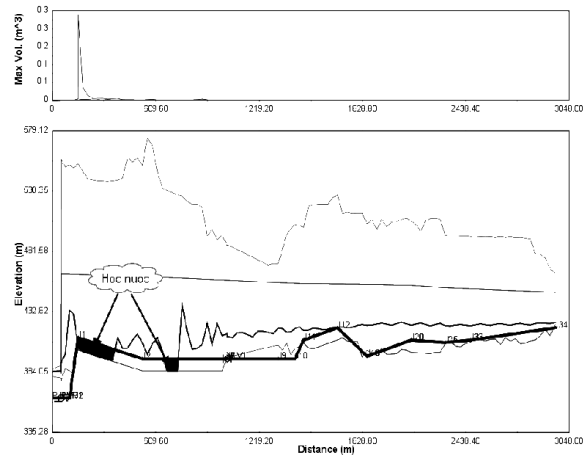
Trên tuyến TB1- Nút 37 nước va gây ra áp lực âm từ TB1 tới van giảm áp V1 và xuất hiện các hốc nước như hình 7 và hình 8. Hiện tượng này sẽ gây ra phá hoại tuyến ống và các công trình trên mạng lưới cấp nước.



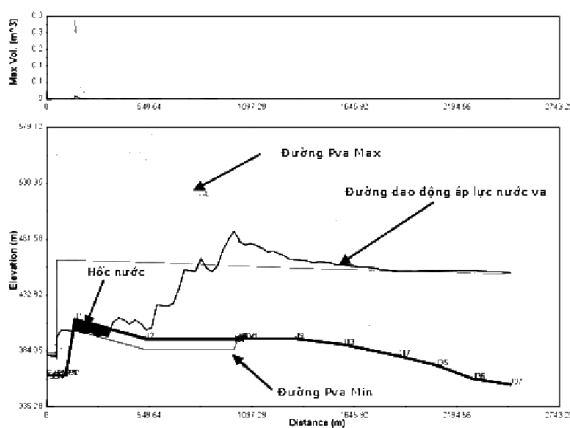
Hình 5. Hệ thống cấp nước khu vực nghiên cứu



Hình 6. Hiện tượng nước va trên tuyến TB1- Bể chứa 2



Hình 8. Hiện tượng nước va trên tuyến TB1- Nút 34



Hình 7. Hiện tượng nước va trên tuyến TB1- Nút 37

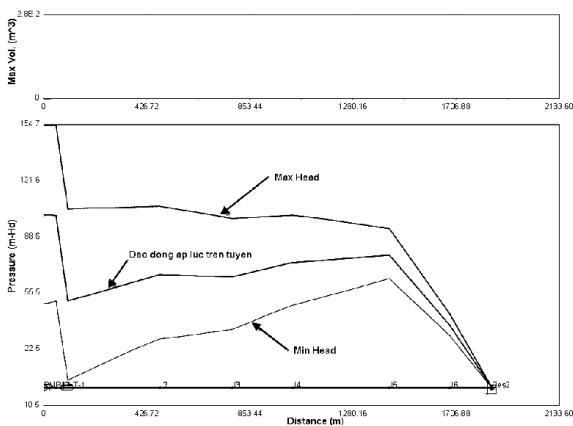
3.3. Biện pháp chống va trên mạng lưới cấp nước

Sau khi đã xác định được các đặc tính của nước va ở các tuyến dẫn bất lợi có khả năng xuất hiện nước va lớn nhất thế thống cấp nước, tiến hành đề xuất biện pháp để chống va trên các tuyến này. Có nhiều biện pháp để chống áp lực va như sử dụng van khí (van thu xả khí), sử dụng bể chống va có mặt thoáng, bể xả một chiều, van giảm áp, van một chiều đóng nhanh.

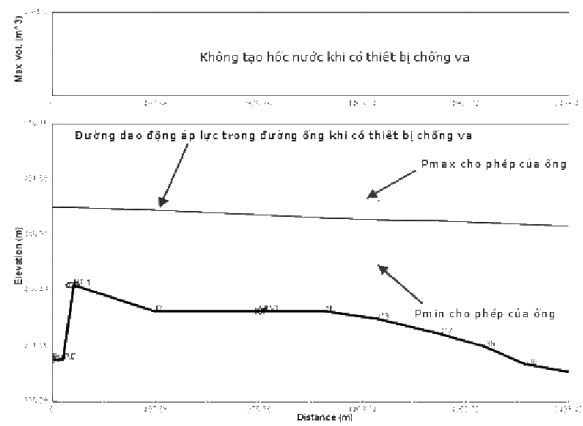
Tuy nhiên, các biện pháp này không thể triệt tiêu áp lực va âm và áp va dương hoàn toàn trên hệ thống cấp nước, chỉ giảm được một phần hoặc không thể chống được hiện tượng tách cột nước. Trong khi đó, sử dụng bình điều áp chứa khí và nước có thể giải quyết được yêu cầu triệt tiêu áp va âm do mất điện đột ngột và đóng mở van nhanh trên hệ thống cấp nước, ngoài ra có thể khắc phục được hiện tượng tách cột nước (TCN) và có biên độ chống chịu áp lực va lớn và khả năng làm việc có độ tin cậy cao. Do vậy, trong nghiên cứu này sẽ sử dụng bình điều áp chứa nước và khí đặt tại trạm bơm J1 và tại điểm cao ở nút J19 là điểm có hiện tượng tách cột nước (xem hình 5).

Sau khi lắp đặt thiết bị chống va tại nút J1 và J19 kết quả kiểm tra nước va trên các tuyến đã lắp đặt thiết bị chống va như hình 9, 10 và hình 11 dưới đây.

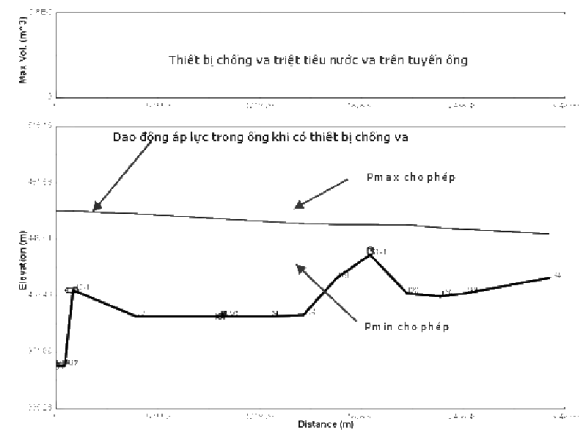
Kết quả cho thấy rằng, theo tuyến TB 1- Bể chứa 2 áp lực va lớn nhất giảm mạnh từ 154.7 mH₂O tại vị trí xảy ra áp va về tới trạm bơm trị số áp va tương ứng với giá trị Max, Min chỉ còn dưới 100 mH₂O và 53.5 mH₂O. Tương tự như vậy, trên các tuyến ống từ TB1 về tới nút 37 và TB1 về nút 34 không còn hiện tượng tăng áp đột ngột, áp lực tại các vị trí này dao động khoảng 25 – 35 mH₂O và các hốc nước bị triệt tiêu do vậy đảm bảo yêu cầu an toàn áp lực trên hệ thống không gây phá hoại công trình.



Hình 9. Kết quả phân tích nước va theo tuyến TB 1- Bể chứa 2



Hình 10. Kết quả phân tích nước va trên tuyến TB1- Nút 37



Hình 11. Kết quả phân tích nước va trên tuyến TB1- Nút 34

Nhận xét: Khi sử dụng các biện pháp chống va trong đó có biện pháp lắp đặt bình điều áp trên các tuyến dẫn nước trong mạng lưới cấp nước áp lực trong các tuyến này được kiểm soát không vượt qua các giá trị áp lực giới hạn gây nguy hiểm cho đường ống trong mạng lưới.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua phân tích các kết quả tính toán ở trên, chúng ta thấy: sử dụng phần mềm Water Hammer V8 có thể xác định được diễn biến theo thời gian của các thông số đặc trưng của nước va bao gồm vị trí các tuyến có khả năng xuất hiện nước va nguy hiểm nhất trong mạng lưới, thời gian xảy ra va, diễn biến áp lực, lưu lượng... từ đó đề xuất các phương án chống va hợp lý. Trong thiết kế hệ thống cấp nước, hệ thống đường ống áp lực dẫn nước trong các nhà máy thủy điện và các hệ thống có tính chất

tương tự ngoài việc sử dụng các phương pháp phân tích, kiểm tra các kết quả tính toán một giải tích và đồ thị để mô tả hiện tượng nước va cách chính xác đảm bảo sự hoạt động an toàn ta có thể sử dụng phần mềm Hammer V8 để cho hệ thống dẫn áp lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Trình Xuân Lai (2009), *Mạng lưới cấp nước và tính toán nước va*, NXB Xây dựng.

Hammer User Guide (2003), *Haestad Methods*, Inc;.

Abstract:

CHARACTERIZATION OF WATER HAMMER IN WATER SUPPLY SYSTEMS

The water hammer is a common phenomenon in many water supply systems, pumping systems, pipe pressure... If it is not identified, and the characteristics of the water and there are no reasonable measures and water hammer will cause works damaged. Therefore the study to determine the characteristics of water hammer includes (events, time, location and values of water hammer) from that proposed measures to combat and is indispensable.

Keywords: Water Hammer, Water supply system, Pumping system, pipe pressure.

BBT nhận bài: 11/3/2016

Phản biện xong: 08/6/2016