



# Giáo trình

# Âu Tào

Chương 1:

## KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ÂU TÀU

### 1.1. Khái niệm và vai trò của âu tàu trong giao thông vận tải:

#### 1.1.1. Khái niệm về âu tàu:

Âu tàu là công trình thủy công đưa tàu bè qua nơi có mực nước chênh lệch bằng cách cho tàu vào trong buồng âu và thay đổi mực nước trong buồng âu cân bằng dần dần với mực nước thượng, hạ lưu.

#### 1.1.2. Vai trò của âu trong giao thông vận tải:

Khi cải tạo điều kiện chạy tàu của một tuyến đường thủy hoặc tạo ra tuyến mới thì phải đảm bảo các chỉ tiêu thiết kế để tàu có thể đi lại dễ dàng và an toàn, đó là các chỉ tiêu:

- + Độ sâu.
- + Bề rộng.
- + Bán kính cong.

Để làm được điều này, có thể sử dụng một số phương pháp sau:

- Nạo vét các đoạn có độ sâu nhỏ, thông thường là các ghềnh cạn.
- Chỉnh trị đoạn sông bằng hệ thống kè: Giảm diện tích mặt cắt ngang sông -> tăng vận tốc dòng chảy -> gây xói mặt cắt -> tăng độ sâu.

Thông thường 2 phương pháp này thường được kết hợp với nhau để đạt hiệu quả cao nhất.

- Tạo hồ chứa nước trong vùng vận tải (đắp đập...)
- Xây dựng tuyến âu tàu:
  - + Trên sông, tại những đoạn không đảm bảo độ sâu, bề rộng, bán kính cong chạy tàu, người ta xây dựng 1 loạt các công trình để dâng mực nước để độ sâu trên từng đoạn lớn hơn độ sâu thiết kế, đồng thời tăng bề rộng và bán kính cong của tuyến chạy tàu.
  - + Khi các công trình dâng nước, sông được chia ra thành các đoạn có cùng một mực nước riêng. Khi đó để tàu đi qua các đoạn đã được chia ra đó, ta phải xây dựng hệ thống âu tàu.
  - + Đối với mỗi âu có một mực nước thượng lưu và hạ lưu riêng. Độ chênh mực nước giữa thượng và hạ lưu gọi là cột nước.

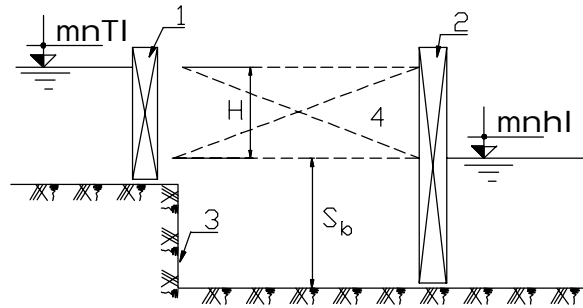
### 1.2. Phân loại âu:

#### 1.2.1. Dựa vào số lượng buồng âu bố trí theo hàng dọc:

##### 1.2.1.1. Âu đơn cấp:

- Tàu vượt qua cột nước chênh lệch thượng hạ lưu chỉ qua một buồng âu.
- + Trên nền đất mềm âu tàu được xây dựng với cột nước  $H < 22m$ .
- + Trên nền đá cứng âu tàu được xây dựng với cột nước  $H < 42m$ .

Âu đơn cấp là loại được dùng phổ biến nhất.



**Hình 1.1: Âu đơn cấp**

- 1- Cửa âu trên
- 2- Cửa âu dưới
- 3- Ngưỡng âu
- 4- Khối nước cấp tháo.
- H- Cột nước chênh lệch.
- $S_b$ : Độ sâu buồng âu.

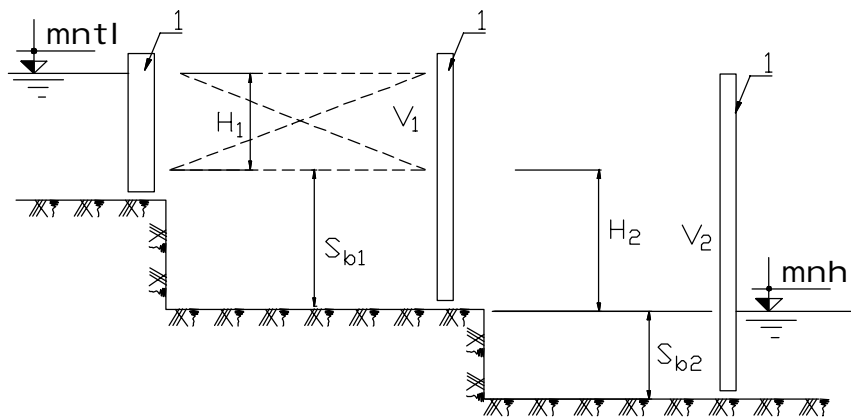
1.2.1.2. Âu đa cấp:

- Có từ 2 buồng âu trở lên, bố trí nối tiếp với nhau để tàu có thể vượt qua cột nước chênh lệch bằng nhiều lần.

- Âu đa cấp thường xây dựng ở nơi có cột nước cao, vì trong trường hợp này nếu xây âu đơn cấp thì yếu tố kỹ thuật không cho phép hoặc nếu được thì cũng phải giải quyết nhiều vấn đề kỹ thuật phức tạp. Khi thiết kế cần dựa vào các số liệu địa chất, địa hình cột nước H... và thông qua so sánh kinh tế kỹ thuật để chọn phương án hợp lý.

- Để thuận lợi cho thi công nên thiết kế các buồng âu giống nhau và phân phối cột nước cho các buồng âu bằng nhau.

- Âu đa cấp có thể có kênh ngăn ở giữa các buồng âu làm nơi gặp tránh nhau của tàu, hoặc cũng có thể bố trí các buồng âu liên tục.



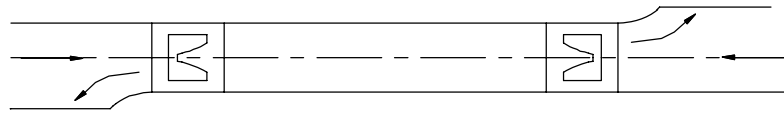
**Hình 1.2: Âu đa cấp**

- 1- Cửa âu
- H- Cột nước chênh lệch
- $S_b$ - Độ sâu các buồng âu

**1.2.2. Dựa vào số lượng buồng âu bố trí theo hàng ngang:**

1.2.2.1. Âu đơn tuyến:

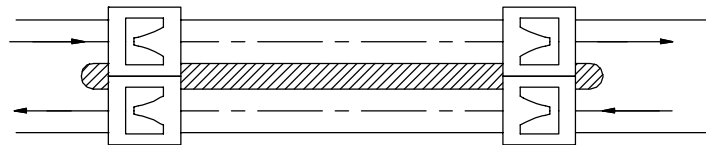
- Trên tuyến chạy tàu, tại một mặt cắt ngang chỉ có 1 buồng âu.



**Hình 1.3: Ấu đơn tuyến**

1.2.2.2. Ấu đa tuyến:

- Bố trí song song từ 2 buồng âu trở lên trên mặt cắt ngang.
- Ấu đa tuyến thường được xây dựng tại vùng sông có mật độ tàu bè lớn, mà xây âu đơn tuyến thì không đáp ứng được yêu cầu thông qua.
- Để tiện cho thiết kế và thi công, 2 âu có thể giống nhau, nhưng tùy theo tình hình vận tải và tiết kiệm nước mà có thể thiết kế 2 âu không giống nhau (tuyến ngắn và tuyến dài).



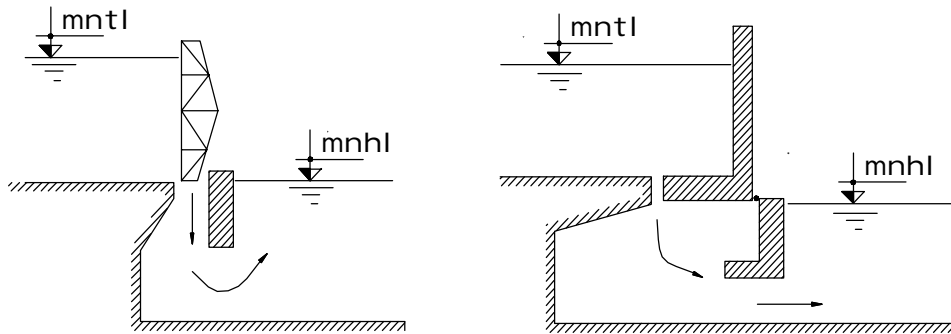
**Hình 1.4: Ấu đa tuyến**

**1.2.3. Dựa theo phương pháp cấp tháo nước:**

1.2.3.1. Ấu tàu cấp tháo nước trực tiếp:

- Trường hợp này cửa âu đồng thời làm nhiệm vụ cửa van cấp tháo nước. Loại này thường áp dụng nơi có cột nước chênh lệch nhỏ.

Một số dạng cấp tháo nước trực tiếp (Hình 1.5)

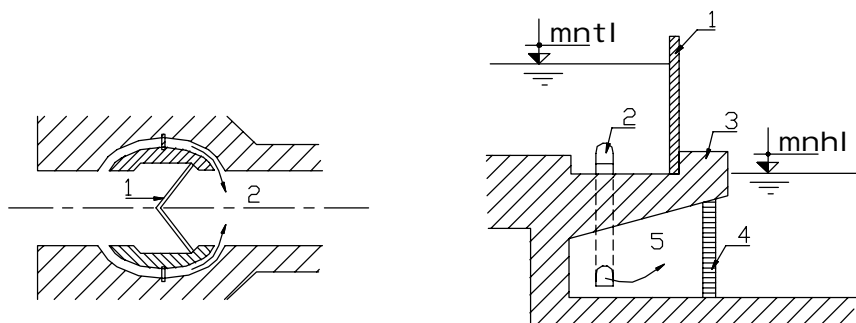


**Hình 1.5: Một số dạng cấp tháo nước trực tiếp.**

1.2.3.2. Ấu tàu cấp tháo nước bằng đường ống

a. Đường ống ngắn (cấp tháo nước tập trung):

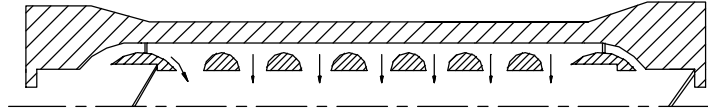
- Dùng với âu nhỏ, cột nước H nhỏ, ống ngắn có thể bố trí vòng ngang trong tường đầu âu hoặc lườn dọc đứng trong tường đầu âu trên (Hình 1.6)



**Hình 1.6: Các dạng ống ngăn.**

- 1- Cửa âu
- 2- Cống dẫn nước
- 3- Ngưỡng âu
- 4. Các thanh điều chỉnh lưu lượng
- 5. Buồng tiêu năng

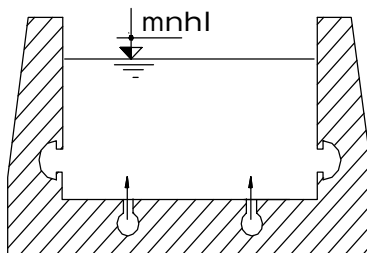
**b. Đường ống dẫn dài (cấp nước phân tán)**



**Hình 1.7: Đường ống dẫn dài.**

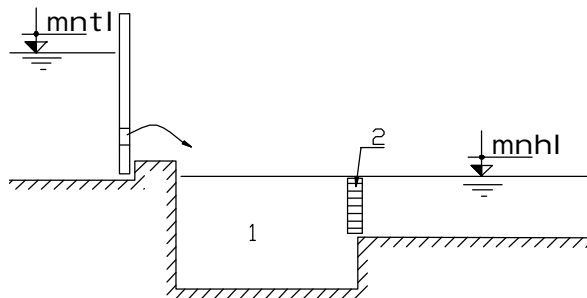
**1.2.4. Dựa theo cách đặt cửa cấp nước:**

**1.2.4.1. Cửa van bố trí ngập (dưới mực nước hạ lưu)**



**Hình 1.8: Cửa van ngập**

**1.2.4.2. Cửa van bố trí không ngập (trên mực nước hạ lưu)**

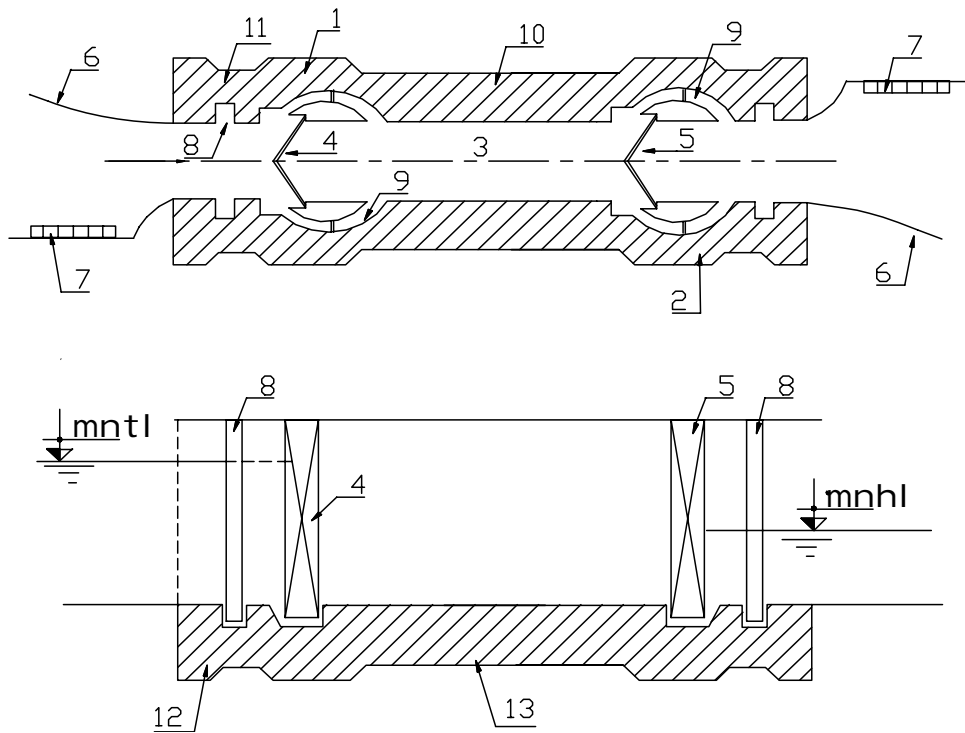


**Hình 1.9: Cửa van không ngập.**

- 1. Buồng tiêu năng
- 2. Các thanh điều chỉnh lưu lượng

**1.3. Các bộ phận của âu tàu:**

Âu tàu gồm 3 bộ phận chủ yếu: thân âu, đầu âu và kênh dặt tàu.



**Hình 1.10: Các bộ phận của âu tàu:**

- |                |                    |                         |
|----------------|--------------------|-------------------------|
| 1- Đầu âu trên | 5- Cửa âu dưới     | 9- Ống dẫn nước         |
| 2- Đầu âu dưới | 6- Tường dẫn hướng | 10- Tường buồng âu      |
| 3- Buồng âu    | 7- Bến đợi         | 11- Tường đầu âu        |
| 4- Cửa âu trên | 8- Phai sửa chữa   | 12,13- Đáy đầu buồng âu |

### 1.3.1. Đầu âu:

- Có nhiệm vụ giữ độ chênh lệch mực nước giữa thượng, hạ lưu với buồng âu, và để đặt các thiết bị của âu như cửa âu, hệ thống cấp tháo nước, thiết bị đóng mở cửa âu, van cấp tháo, cửa phai (cửa sửa chữa), dây an toàn chống tàu va vào cửa...

- Đầu âu gồm có đầu âu trên và đầu âu dưới, ngoài ra với âu đa cấp còn có thể có đầu âu giữa.

### 1.3.2. Thân âu:

- Còn được gọi là buồng âu, là phần giới hạn bởi đầu âu trên và đầu âu dưới.
- Là nơi để chứa tàu và giải quyết cho tàu lên xuống theo mực nước thay đổi.
- Thân âu gồm một số thiết bị như: chiếu sáng, thiết bị va, neo tàu, và có thể có hệ thống cấp tháo nước ( Hệ thống cấp tháo nước phân tán - đường ống dài)

### 1.3.3. Kênh đầu âu:

Còn gọi là kênh dắt tàu, là bộ phận nhằm đảm bảo tàu ra, vào âu được xuôi thuận an toàn, bao gồm:

- Kênh đầu âu thượng lưu: Là bộ phận nối tiếp đầu âu trên với kênh dẫn thượng lưu.

- Kênh đầu âu hạ lưu: Là bộ phận nối tiếp đầu âu dưới với kênh dẫn hạ lưu

Trên mỗi kênh đầu âu có:

- + Tường dẫn hướng: để hướng tàu ra vào âu thuận lợi, dễ dàng.
- + Bến đợi: nơi để tàu neo đỗ chờ đợi qua âu.
- + Đê chắn sóng: bảo vệ tàu, công trình khỏi ảnh hưởng của sóng lớn.

**1.3.5. Kênh dẫn:**

Là đoạn tiếp theo kênh đầu âu với tuyến sông hay kênh đào.

**1.3.5. Các yêu cầu khi bố trí các bộ phận của âu:**

Vấn đề bố trí các bộ phận của âu tàu một cách hợp lý nhất trong điều kiện địa chất, thủy văn nhất định trên sông thiên nhiên và sông đào là một vấn đề quan trọng khi thiết kế công trình âu tàu. Do đó cần phải dựa vào các tài liệu địa hình, địa chất, thủy văn, quy mô công trình, tình hình kinh tế giao thông ở vùng lân cận, điều kiện thi công mà đề ra những phương án khác nhau, qua so sánh kinh tế kỹ thuật chọn ra phương án hợp lý nhất.

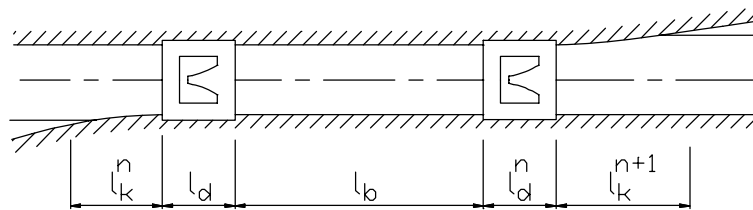
**1.3.5.1. Nguyên tắc:**

- Bảo đảm cho tàu ra vào và chờ đợi an toàn nhanh chóng.
- Bảo đảm cho các công trình thủy công trong đầu mỗi công trình thủy lợi vẫn hoạt động bình thường.
- Bảo đảm chi phí xây dựng, quản lý ít nhất.

**1.3.5.2. Những yêu cầu cụ thể:**

- Phải đảm bảo độ sâu trên toàn bộ đường dặt tàu.
- Khi tàu ra vào âu phải tuyệt đối đi thẳng, vì vậy phải bố trí âu tàu và kênh dặt tàu trên một đường thẳng.

$$L_{\text{thẳng}} / 2l_d + l_b + L_k^{TL} + L_k^{HL} \tag{1-1}$$

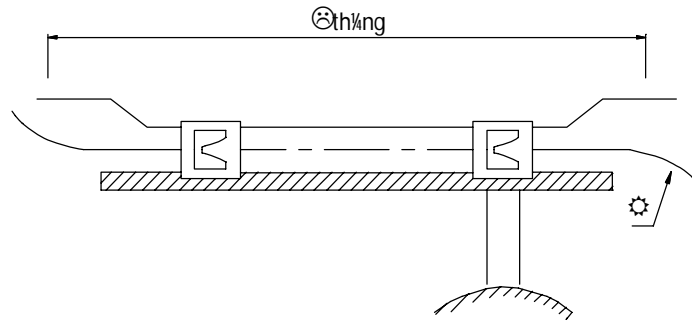


**Hình 1.11: Bố trí âu tàu trên một đường thẳng.**

- Trên kênh dặt tàu cần bố trí khu vực tàu đậu để chờ đợi, khu vực này phải xây dựng công trình bảo vệ để tránh sóng gió bảo đảm tàu đậu an toàn, phải xây giá dặt tàu để hướng tàu vào âu, tránh tàu đâm vào đầu âu. Chiều dài đê bảo vệ:  $L_{\text{đê}} = 1,2L_b$

- Kênh dẫn vào kênh dặt tàu không được cong quá yêu cầu, trục của đoạn thẳng vào kênh dẫn cần được nối tiếp với trục của đường tàu đi trong kênh theo đường cong có bán kính cong như sau:

- + Tàu dặt  $R / 5L_{\text{đt}}$ .
- + Tàu đẩy  $R / 3L_{\text{đt}}$ .

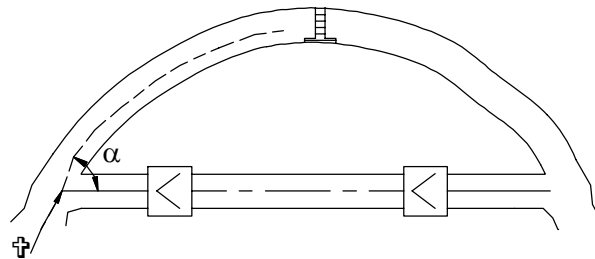


**Hình 1.12: Bán kính cong kênh dẫn vào kênh đất tầu**

- Kênh đất tầu không được gặp khúc sông có vận tốc khá lớn và không được hợp với trục dòng sông một góc quá lớn:

$$v \leq (2 - 2,5) \text{ m/s}$$

$$\alpha \leq 15^0$$



**Hình 1.13: Âu tầu xây dựng tại đoạn sông cong**

- Phân tốc của dòng chảy ngang có thể đưa tầu dạt vào bờ hoặc va vào các công trình khác, vì vậy yêu cầu phân tốc của dòng chảy ngang  $\leq (0,2 \div 0,3) \text{ m/s}$ .

Chú ý: Không cho phép xây dựng âu tầu tại vùng nước xoáy với lưu tốc chảy vòng quá lớn ( $0,4 \div 0,5 \text{ m/s}$ ) tại cửa vào kênh.

- Âu tầu trực tiếp xây dựng trong sông ở đầu mỗi công trình thủy lợi thì đập tràn, trạm thủy điện và âu tầu cần bố trí nằm song song tiếp liền nhau để bảo đảm tuyến chắn nước ngắn nhất và giao thông thuận tiện.

#### 1.4. Các phương án xây dựng âu:

- Xây dựng âu trên sông có hai phương án:

+ Phương án 1: Các công trình âu được xây dựng chỉ phát huy tác dụng về mùa kiệt, tức là mực nước dâng do các âu tạo ra thấp hơn so với mực nước lũ.

Đến mùa lũ, các công trình này cho phép ngập và giao thông tiến hành như bình thường không có âu.

+ Phương án 2: Âu hoạt động quanh năm, tạo được mực nước lớn hơn nhiều so với mực nước tự nhiên của sông. Hỗ trợ cho các công trình khác như thủy điện (giữ được nước).

Phương án 1 ngày nay hầu như không được sử dụng bởi mục đích không triệt để của nó.





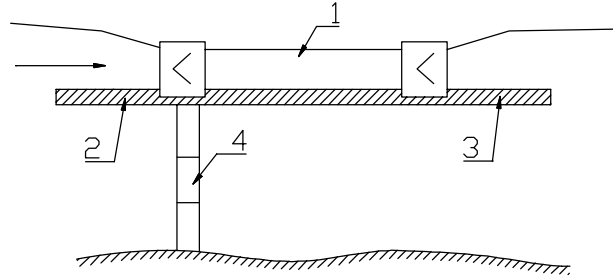
- Không bị hạn chế tình không khi xây dựng cầu ở đầu âu dưới.

**\* Nhược điểm:**

- Toàn bộ âu tàu nằm trong phần nước sâu nên công trình phải chịu áp lực nước rất lớn làm cho kết cấu nặng nề phức tạp, thiết bị chống thấm phải hoàn thiện, lúc tu sửa gặp khó khăn.

- Ở hạ lưu phải kéo dài tường bảo vệ để tránh dòng chảy mạnh từ trên xuống, tới một khoảng cách mà ở đó nước đủ trấn tĩnh, kết cấu tường bảo vệ phải chắc chắn đảm bảo không bị xói lở.

**1.4.2. Bố trí âu tàu lui về phía hạ lưu.**



**Hình 1.16: Bố trí âu tàu nhô về hạ lưu.**

- 1- Âu tàu.
- 2- Tường bảo vệ thượng lưu.
- 3- Tường bảo vệ hạ lưu.
- 4- Đập.

Cách bố trí này có ưu, nhược điểm sau:

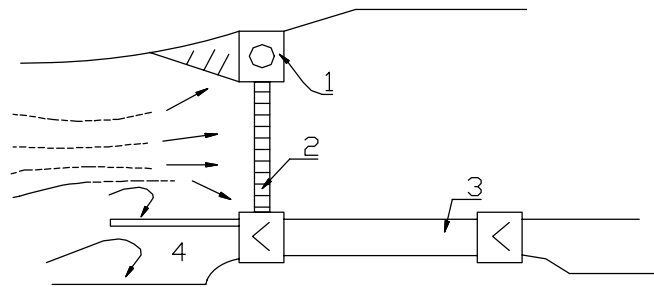
**\* Ưu điểm:**

- Không cần kéo dài tường bảo vệ hạ lưu (Do lợi dụng được chiều dài buồng âu).  
- áp lực nước tác dụng vào âu nhỏ nên kết cấu công trình nhẹ nhàng đỡ phức tạp hơn.

**\* Nhược điểm:**

- Phải kéo dài tường bảo vệ thượng lưu.
- Khó đảm bảo độ tĩnh không khi xây dựng cầu ở thượng lưu.

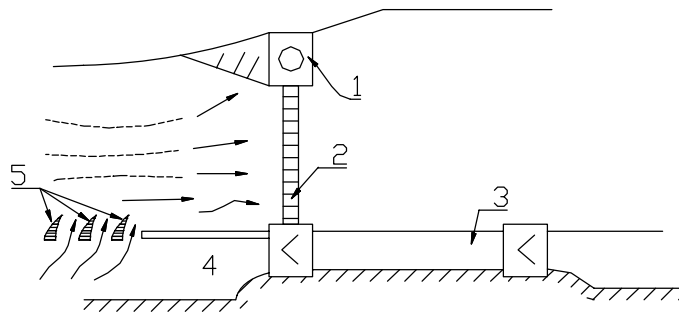
Nhìn chung cả hai trường hợp bố trí trên đều có một nhược điểm là ở vùng đầu kênh đất tàu thượng lưu (khu vực tường bảo vệ thượng lưu) mặt cắt lưu tốc bị co hẹp đột ngột, về mùa lũ dòng sông sẽ xuất hiện một vùng xoáy (Hình 2.8), nó là nguyên nhân làm giảm năng lực tải cát trước đập, làm cho tình trạng các đường dòng trước đập mất ổn định ( Lưu lượng phân bố không đều khi chảy qua mỗi cửa đập, gây nên sự chịu tải không đối xứng của công trình) gây trở ngại cho tàu bè từ sông vào kênh thượng lưu và ngược lại, vì rằng sự xuất hiện của các đường dòng ngang mạnh ở đầu tường bảo vệ thượng lưu có thể gây xói lở quật đổ tường (Trường hợp này đã xảy ra đối với âu tàu Klavary trên sông Labe - Tiệp Khắc vào năm 1946)



**Hình 1.17: Sự xuất hiện vùng xoáy nước lớn trong mùa lũ.**

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1- Nhà máy thủy điện. | 3. Âu tàu          |
| 2- Đập tràn.          | 4. Kênh thượng lưu |

Để khắc phục sự cố trên, tại đầu tường bảo vệ thượng lưu của âu tàu Klavary, người ta xây 3 tường hướng dòng bằng bê tông cốt thép có hình lưỡi sóng có nhiệm vụ hướng dòng nước và phân tách đều dòng nước tại đầu tường, nhờ vậy đã triệt tiêu được vùng nước xoáy và hướng được dòng nước chảy dọc theo tường (Triệt tiêu được sự xuất hiện hố xói và độ ổn định của tường không bị đe dọa).



**Hình 1.18: Tường hướng dòng tại đầu tường bảo vệ thượng lưu âu tàu Klavary trên sông Labe.**

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1- Nhà máy thủy điện. | 4. Kênh thượng lưu.  |
| 2- Đập tràn.          | 5. Tường hướng dòng. |
| 3- Âu tàu.            |                      |

Khi bố trí âu tàu ở sát đập thì phía dưới đập lại xảy ra sự mở rộng đột ngột mặt cắt lưu tốc do đó vận tốc dòng chảy giảm đi, khi tường bảo vệ hạ lưu bị tràn ở mực nước lớn thì tại kênh dặt tàu hạ lưu tốc độ bồi lắng tăng lên, độ sâu chạy tàu giảm, gây khó khăn cho vận tải, hàng năm phải nạo vét. Để hạn chế quá trình bồi lắng kênh hạ lưu ta có thể nâng cao tường bảo vệ, hoặc tháo một khối lượng nước nhất định qua âu tàu khi nước lớn.

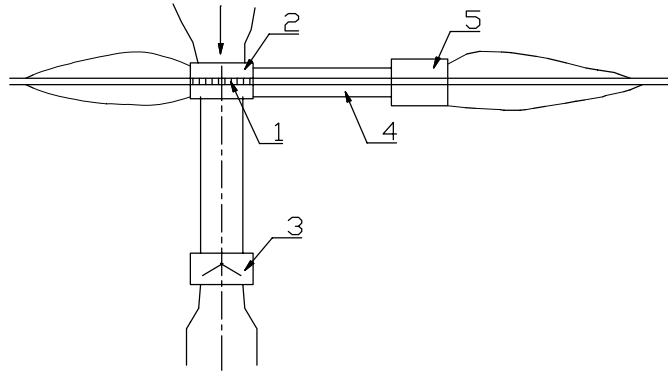
**1.4.3. Đầu mối công trình thủy thới có cầu đường sắt, đường bộ chạy qua:**

Khi có cầu bắc qua âu cầu chú ý đảm bảo độ tĩnh không để tàu bè qua lại dễ dàng, bảo đảm nguyên tắc bố trí cầu qua đầu âu dưới.

Trường hợp đặc biệt do các điều kiện địa chất hoặc do sự cần thiết phải bố trí cầu đường sắt qua đầu âu thượng lưu thì phải có luận chứng kinh tế kỹ thuật.

**1.4.3.1. Trường hợp đầu âu trên nằm ngang tuyến đầu mối công trình thủy lợi.**

**a. Cầu qua đầu âu trên:**



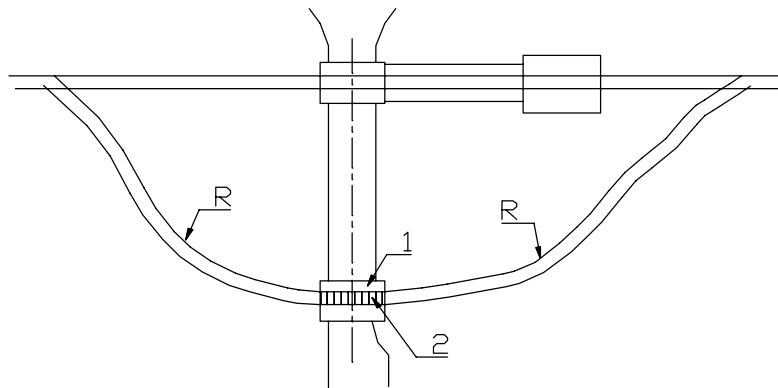
**Hình 1.19: Bố trí cầu qua đầu âu trên.**

- 1- Cầu đường sắt.
- 2- Đầu âu trên.
- 3- Đầu âu dưới.
- 4- Đập tràn.
- 5- Trạm thủy điện.

Trường hợp này phải xây cầu rất xa mới đảm bảo được độ tĩnh không, song đường giao thông đi thẳng.

**b. Cầu vòng qua đầu âu dưới:**

Cách bố trí này dễ đảm bảo độ tĩnh không, nhưng đường giao thông không thuận tiện. Nếu xây dựng tuyến đường sắt thì khó đảm bảo bán kính cần thiết.



**Hình 1.20: Cầu đường sắt qua đầu âu dưới.**

- 1- Đầu âu dưới.
- 2- Cầu đường sắt.

**1.4.3.2. Trường hợp đầu âu dưới nằm ngang tuyến công trình thủy lợi:**

Cách bố trí này về mặt nguyên tắc rất đúng thuận lợi cho giao thông, song về mặt kết cấu công trình thì phức tạp, bất lợi.

**1.4.4. Ảnh hưởng của việc xây dựng âu:**

Việc xây dựng âu có ảnh hưởng rất lớn tới chế độ dòng chảy và điều kiện chạy tàu:

- Mực nước tăng làm ngập các vùng lân cận, thiệt hại này cũng là 1 phần đáng kể trong giá thành công trình (ngoài ra còn phải tính đến môi trường).
- Mực nước tăng làm tăng mực nước ngầm.

- Vùng hồ nước được tạo có thể có sóng to 2-2,5m nên các tàu bè cần được gia cố thêm.

- Dòng chảy giảm đáng kể so với trước.

- Khoảng cách vận tải giảm đáng kể, theo thống kê có thể giảm được tới 10%.

- Tàu qua âu đòi hỏi tốn thời gian khá nhiều nên âu tàu chỉ sử dụng khi không thể dùng phương pháp khác để tăng độ sâu chạy tàu.

## 1.5. Phương thức và thời gian tàu qua âu.

### 1.5.1. Phương thức tàu qua âu:

#### 1.5.1.1. Qua âu theo một chiều:

Tàu chỉ đi một chiều tự thượng lưu xuống hạ lưu hoặc ngược lại.

##### \* Từ thượng lưu → hạ lưu:

Các bước thao tác bao gồm:

- 1) Mở cửa đầu âu trên cho tàu vào âu
- 2) Đóng cửa đầu âu trên.
- 3) Mở cửa van tháo nước ở đầu âu dưới cho mực nước buồng âu ngang bằng mực nước hạ lưu.
- 4) Mở cửa âu dưới cho tàu ra.
- 5) Đóng cửa âu dưới lại
- 6) Mở cửa van cấp nước ở đầu âu trên cho mực nước trong buồng âu cao bằng mực nước thượng lưu.

##### \* Từ hạ lưu → thượng lưu:

Các bước thao tác bao gồm:

- 1) Mở cửa đầu âu dưới cho tàu vào âu.
- 2) Đóng cửa âu dưới.
- 3) Mở cửa van cấp nước ở đầu âu trên cho mực nước trong buồng âu cao bằng mực nước thượng lưu.
- 4) Mở cửa đầu âu trên cho tàu ra.
- 5) Đóng cửa đầu âu trên.
- 6) Mở cửa van tháo nước ở đầu âu dưới cho mực nước buồng âu ngang bằng mực nước hạ lưu.

#### 1.5.1.2. Qua âu theo 2 chiều:

Sau khi tàu ra khỏi âu, cửa âu vẫn mở để tàu khác đi ngược chiều với tàu khác đi vào âu ngay.

Phương thức này rút ngắn được thời gian tàu qua âu và tiết kiệm được 1/2 lượng nước cấp tháo.

### 1.5.2. Thời gian tàu qua âu:

#### 1.5.2.1. Qua âu một chiều:

Giả sử có đoàn tàu đi từ hạ lưu lên thượng lưu, thời gian  $T_1$  được tính như sau:

$$T_1 = t_m + t_v + t_d + t_t + t_m + t_r + t_d + t_c \quad (1-2)$$

Trong đó:

- $t_m$ : thời gian mở cửa âu (dưới, trên).
- $t_v$ : thời gian tàu vào âu.
- $t_d$ : thời gian đóng cửa âu (dưới, trên).
- $t_c$ : thời gian cấp nước.
- $t_r$ : thời gian tàu ra khỏi âu.
- $t_t$ : thời gian tháo nước xuống hạ lưu.

Thông thường  $t_m = t_d = t$ , do đó:

$$T_1 = t_v + t_r + t_c + t_t + 4t \quad (1-3)$$

#### 1.5.2.2. Qua âu hai chiều:

Giả sử có 1 đoàn tàu từ hạ lưu lên thượng lưu và 1 đoàn tàu từ thượng lưu xuống hạ lưu, thời gian 2 đoàn tàu qua âu sẽ là:

$$T_2 = t_v + t_d + t_t + t_m + t_r + t_v + t_d + t_c + t_m + t_r \quad (1-4)$$

$$T_2 = 2 t_v + 2 t_r + t_c + t_t + 4t$$

Như vậy nếu tính trung bình thời gian 1 đoàn tàu qua âu là:

$$T'_1 = t_v + t_r + 1/2 (t_c + t_t) + 2t \quad (1-5)$$

So sánh  $T_1$  và  $T'_1$  ta thấy tàu qua âu 2 chiều lợi hơn một khoảng thời gian là  $2t + 1/2 (t_c + t_t)$

#### 1.5.2.3. Phân tích thời gian tàu qua âu:

Thời gian tàu qua âu dài hay ngắn có ảnh hưởng rất lớn đến khối lượng vận tải. Vì vậy ta phải rút ngắn thời gian này.

Thời gian tàu qua âu phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- + Quy mô âu tàu.
- + Phương pháp và thiết bị kéo dặt tàu.
- + Thiết bị đóng mở cửa âu.
- + Hệ thống cấp tháo nước.

##### \*Thời gian đóng mở cửa âu:

Đây là khoảng thời gian ngắn nhất trong cả quá trình công tác cửa âu. Thời gian đóng mở phụ thuộc vào quy mô âu, kết cấu cửa và nhiệm vụ của nó.

Theo kinh nghiệm hiện nay  $t_{d,m} = 50'' \div 300''$

Nếu  $B_b < 18m$  thì  $t_{d,m} \leq 2',0$

$B_b > 18m$  thì  $t_{d,m} \leq 2',5'$

**\*Thời gian cấp tháo nước: ( $t_{c,t}$ )**

Phụ thuộc vào quy mô âu, cột nước chênh lệch, mặt cắt ngang ống dẫn và điều kiện tiêu năng. Thời gian cấp tháo nước do tính toán thủy lực mà tìm ra, khi tính toán sơ bộ thì:

$$t_{c,t} = k\sqrt[3]{L_b \cdot B_b \cdot H} \quad (\text{phút}) \quad (1-6)$$

Trong đó:

k - Hệ số cấp tháo nước,

k = 0,27 (hệ thống C.T.N tập trung).

k = 0,19 (hệ thống C.T.N phân tán).

Theo kinh nghiệm nếu  $L_b < 150\text{m}$  thì  $t_{c,t} = 6 \div 10'$   
 $L_b > 150\text{m}$  thì  $t_{c,t} = 8 \div 15'$

**\*Thời gian tàu ra vào âu:**

Thời gian tàu vào, ra âu:

$$t_v = \frac{l_{dt}}{v_v}; \quad t_r = \frac{l_{dt}}{v_r} \quad (1-7)$$

Trong đó:

$l_{dt}$ : chiều dài đoạn dất tàu

$v_v, v_r$ : Tốc độ tàu khi vào ra khỏi âu.

Thời gian tàu ra, vào âu chiếm tỷ số lớn nhất trong toàn bộ thời gian tàu qua âu.

**\*Xét đoạn đường dất tàu ( $L_{dt}$ ):**

$$L_{dt} = L_b + L_d + L_{gd} \quad (1-8)$$

Trong đó:

$L_b$  - chiều dài buồng âu.

$L_d$  - Chiều dài đầu âu.

$L_{gd}$  - Chiều dài giá dất tàu.

$L_{dt}$  phụ thuộc kiểu giá dất tàu và phương thức cấp tháo nước do vậy lúc đầu chưa tính  $L_{dt}$  chính xác mà phải tính sau khi đã thiết kế giá dất tàu và thiết bị cấp tháo nước.

Sơ bộ tính theo công thức:

$$L_{dt} = \alpha_{dt} \cdot L_b \quad (1-9)$$

$\alpha_{dt}$  - hệ số tỷ lệ liên quan tới phương thức tàu qua âu và phương thức cấp tháo nước. (Lấy theo bảng 1-2)

**Bảng 1.1: Hệ số  $\alpha_{dt}$**

Đoạn đường	Trị số của $\alpha_{dt}$	
	Tàu chạy 2 chiều	Tàu chạy một chiều
		Lấy nước từ kênh dất tàu

1. Đoàn tàu với 1 tàu tính toán			
- Đường vào âu	1,2	1,5	1,2
- Đường ra âu	1,1	1,1	1,1
2. Đoàn tàu với 2 tàu tính toán			
- Đường vào âu	1,2	1,4	1,2
- Đường ra âu	1,1	1,1	1,2

**\*Tốc độ tàu vào âu:**

$$v_v^{\max} = \frac{\eta - 1}{\eta \sqrt{1,5}} v_t \tag{1-10}$$

$v_t$  - tốc độ tàu chạy trên sông tự nhiên

$\sqrt{1,5}$  - hệ số kể đến trường hợp cửa đóng nên có sóng dội lại ảnh hưởng đến  $v_t$

$\eta$  - tỷ số mất cắt ướt của kênh và diện tích mặt cắt ngang tàu ngập trong nước

$$\eta = \frac{f_t}{f}$$

**\*Tốc độ tàu ra:**

$$v_r^{\max} = \frac{\eta - 1}{\eta} v_t \tag{1-11}$$

Tốc độ tàu ra vào âu phụ thuộc loại tàu, đoạn đường và thiết bị kéo dất, giá đỡ và giá dất tàu...

Có thể tham khảo giá trị  $v_{v,r}$  ở bảng sau:

**Bảng 1.2: Tốc độ tàu vào ra âu**

Phương thức chạy tàu	Tốc độ trung bình (m/s)	
	$v_v$	$v_r$
1. Tàu qua âu đơn cấp 2 chiều		
- Trong kênh dất tàu.	0.6 ÷ 0,8	0.8 ÷ 1
- Trong âu.	0.5 ÷ 0.7	0.6 ÷ 0.8
2. Tàu qua âu đơn cấp một chiều	0.5 ÷ 0.7	0.7 ÷ 0.9
3. Tàu qua âu đa cấp.	0.4 ÷ 0.6	0.4 ÷ 0.6

Chú ý:

+ Trong bảng trên những trị số nhỏ dùng trong kênh dất tàu không có cầu tàu đứng và trong âu không có thiết bị hãm.

+ Với bè gỗ tốc độ trong bảng giảm 25 ÷ 30%.

+ Với tàu đẩy tốc độ trong bảng lấy tăng 20 ÷ 25%

+ Tàu tự hành tăng 35%.

Theo kinh nghiệm khai thác, tổng thời gian tàu qua âu đơn cấp một vòng tuần hoàn  $T_1 = 20' \div 40'$  và qua âu đơn cấp 2 chiều  $T_2 = 30' \div 60'$ .

**1.6. Năng lực vận tải của âu:**

**1.6.1. Định nghĩa:**



- Năng lực vận tải của âu (P) là khối lượng hàng hoá mà âu có thể thông qua trong một khoảng thời gian (thường lấy là 1 năm).

- Năng lực vận tải qua âu quyết định khối lượng vận tải trên toàn bộ tuyến sông qua âu tàu đó.

- Năng lực vận tải qua âu phụ thuộc vào thời gian mỗi lần tàu qua âu, thời gian hoạt động của âu trong mỗi ngày, số ngày hoạt động trong năm, biên chế đoàn tàu qua âu và trọng tải.

### 1.6.2. Năng lực vận tải qua âu theo lý thuyết:

$$P = n.N.m.G \quad (T/\text{năm}] \quad (1-12)$$

Trong đó:

n- số lần tàu qua âu trong ngày  $n = t/T$ .

t- thời gian làm việc của âu trong ngày (h)

T- thời gian một lần tàu qua âu (h)

N- số ngày vận tải trong năm (ngày)

m- số lượng tàu chở hàng một lần qua âu.

G- trọng tải trung bình mỗi tàu (T)

### 1.6.3. Năng lực vận tải thực tế:

$$P_t = \left( \frac{t-t_0}{T} - n_0 \right) . N.m.G. \frac{\alpha}{\beta} \quad (1-13)$$

Trong đó:

$t_0$ : thời gian âu không làm việc do sự cố trong ngày (h).

$n_0$ : số chuyến tàu không có hàng qua âu (cả tàu khách).

$\alpha$ : hệ số chở đầy của tàu,  $\alpha = 0,8 \div 0,9$ .

$\beta$ : hệ số không đều của hàng hoá:  $\beta = \frac{\text{Luong hang hoa lon nhat trong thang}}{\text{Luong hang hoa trung binh trong thang}}$

thường lấy  $\beta = 1,25 \div 1,75$ .

Xét về mặt thực tế ta thấy năng lực vận tải qua âu nhỏ hơn so với lý thuyết, để tăng năng lực vận tải thực tế cần phải:

- + Giảm hệ số không đều  $\beta$ .
- + Tăng hệ số chở đầy  $\alpha$ .
- + Giảm giờ chết  $t_0$ .
- + Rút ngắn thời gian tàu qua âu (T).
- + Tăng thời kỳ vận tải trong năm (N).
- + Nâng cao tải trọng của tàu (G).

### 1.7. Khái niệm về đoàn tàu tính toán:

- Khi thiết kế âu phải định ra được những kích thước hợp lý nhất để đảm bảo cho tàu qua âu được an toàn, nhanh chóng và tiện lợi.

- Kích thước âu có liên quan đến kiểu tàu, kích thước tàu và cách biên chế đội hình tàu chạy trên sông. Vì vậy khi thiết kế âu phải định ra được đoàn tàu tính toán.

- Để định ra được đoàn tàu tính toán phải qua so sánh yếu tố kinh tế kỹ thuật của các phương án có xét đến khả năng phát triển trong tương lai nhằm đạt được các yêu cầu: vốn xây dựng ít, phí tổn vận tải nhỏ nhất, hiệu quả khai thác cao.

- Để xác định đoàn tàu tính toán người ta lập ra những biểu đồ liên hệ giữa vốn đầu tư và chi phí khai thác về tàu bè hoặc công trình âu tàu cho các phương án khác nhau để chọn phương án tốt nhất.

Khi đã có đoàn tàu tính toán ta định ra kích thước các bộ phận của âu.

### **1.8. Khái niệm về chọn kiểu âu tàu:**

Khi chọn kiểu âu tàu có 3 mặt mà ta phải xét đến và chúng có ý nghĩa quyết định là:

- + Sự làm việc của âu tàu.
- + Phương diện kỹ thuật.
- + Tính kinh tế.

#### **1.8.1. Sự làm việc của âu:**

Âu tàu nói chung và các trang thiết bị có liên quan phải đảm bảo cho đoàn tàu qua âu nhanh chóng và an toàn.

#### **1.8.2. Phương diện kỹ thuật:**

Phải giải quyết vấn đề kỹ thuật của âu ngang với tầm kỹ thuật thời đại. Bảo đảm tuổi thọ cao, độ hao mòn bé. Đồng thời giải quyết sao cho có thể sử dụng cơ giới hoá rộng rãi khi xây dựng và sử dụng rộng rãi cấu kiện đúc sẵn để lắp ghép.

#### **1.8.3. Phương diện kinh tế:**

Bảo đảm cho công trình xây dựng, duy tu bảo dưỡng kinh tế nhất để có thể đạt được năng lực vận tải lớn nhất với vốn đầu tư nhỏ nhất.

Ngoài 3 mặt có ý nghĩa quyết định trên ta còn phải tính đến một số khả năng làm việc của âu như:

+ Trên sông giao thông vận tải phải thiết kế âu tàu sao cho khi có lũ âu không làm việc thì âu có thể sử dụng để xả một phần nước lũ.

+ Hình dạng mặt bằng buồng âu thuận lợi nhất là hình chữ nhật, tường bên thường là thẳng đứng, là bê tông hoặc bê tông cốt thép, có khi dùng cả ván thép.

Chương 2

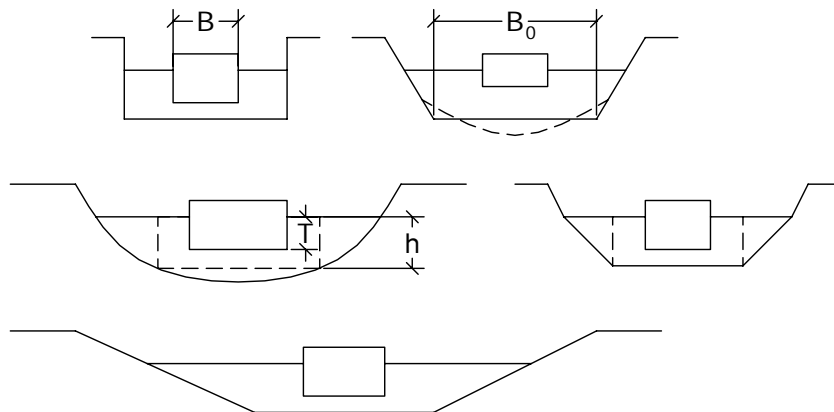
## KÊNH DẪN VÀ KÊNH ĐẦU ÂU

### 2.1. Kênh dẫn:

#### 2.1.1. Hình dáng:

Hình dáng chủ yếu của mặt cắt ngang kênh có thể có các loại sau:

- Hình chữ nhật
- Hình thang
- Cung tròn
- Đa giác



**Hình 2. 1: Các mặt cắt ngang kênh dẫn**

- Kênh dẫn thường có tiết diện hình chữ nhật hay các hình gần như thế, hoặc trong thành phố có thể có kè bờ thẳng đứng thường được làm ở vùng có đá độ dốc 10:1 hay 5:1.

- Ở địa hình khác người ta thường làm kênh hình thang, tuy nhiên trong quá trình khai thác lòng dẫn thường bị xói sâu do cánh chân vịt quạt của tàu và đẩy đất sang hai góc bên cạnh.

- Tiết diện kênh ổn định nhất là hình cung, tuy nhiên thi công phức tạp.

- Kênh loại đa giác có đáy nằm ngang và mái dốc được chia làm nhiều đoạn càng lên cao độ dốc càng tăng, phần dưới cùng là thoải nhất, phần trên cùng có gia cố bờ thì dốc nhất.

- Mái dốc cần phải đảm bảo ổn định góc nghiêng của mái dốc phụ thuộc vào loại đất và không nhỏ hơn góc của mái dốc tự nhiên:

+ Phần trên cùng của mái dốc nếu có gia cố bờ: 1:1,5 ÷ 1:1,25

+ Phần dưới cùng: 1:3 ÷ 1:5

- Bờ kênh cao hơn mực nước cao nhất một độ cao dự phòng lớn hơn độ cao do sóng tràn lên bờ.

- Do trong kênh xuất hiện sóng do tàu gây ra mà việc bảo vệ bờ càng ngày càng đắt, có lúc người ta làm mặt cắt kênh có mái dốc rất thoải như bãi tắm.

- Mỗi kiểu kênh nêu trên đều phải đảm bảo được chiều sâu và bề rộng chạy tàu:

- + Nếu theo yêu cầu này thì hình chữ nhật là tốt nhất, có lực cản nhỏ nhất.
- + Hình dạng mặt cắt kênh cũng ảnh hưởng đến lực cản của tàu.
- + Hình thang tăng 20 ÷ 30% lực cản.

Ở địa hình không phải là đá và tập trung nhiều kênh thông thường người ta chọn kênh đa giác và có gia cố bờ ở trên. Mức nước cao nhất và thấp nhất trong kênh lấy bằng 1 ÷ 5% và 95 ÷ 99% phụ thuộc vào cấp của tuyến vận tải.

**2.1.2. Các kích thước chủ yếu của kênh dẫn:**

2.1.2.1. Chiều sâu kênh dẫn:

$$H = T + \Delta T + t \tag{2-1}$$

T- Mớn nước của tàu.

$\Delta T$ - Mớn nước gia tăng khi tàu chuyển động

$$\Delta T = B \cdot \sin \alpha / 2 + z_{df} \tag{2-2}$$

$\alpha$ - Góc nghiêng, tàu dầu 2<sup>0</sup>, với các tàu khác 4<sup>0</sup>

B- Bề rộng tàu

$z_{df}$ - Độ sâu dự phòng lấy theo bảng sau:

**Bảng 2.1: Độ sâu dự phòng  $z_{df}$**

$Z_{df}$	<b>Đất</b>
$0,04T$	Bùn
$0,05T$	Phù sa
$0,02T$	Đất chặt (đất cát, sét)
$0,07T$	Đất đá

t- Lượng dự trữ. ( $\geq 0,15 \div 0,35m$ )

- Nếu trong kênh có phù sa gây ra thì có thêm dự phòng độ sâu do phù sa, giá trị lấy theo kế hoạch nạo vét duy tu.

- Nếu ở nơi có sóng (gió) cần thêm lượng dự trữ:

$$0,3h_{gió} - t \text{ (} h_{gió} \text{- chiều cao sóng do gió), nếu } \leq 0 \text{ thì không cần lấy.}$$

Trong thiết kế sơ bộ có thể lấy.

$$h \geq 1,3T \tag{2-1}$$

2.1.2.2. Bề rộng kênh dẫn:

Bề rộng thiết kế của kênh dẫn hai chiều trên đoạn thẳng là phải đảm bảo cho 2 tàu có kích thước lớn nhất tránh nhau:

$$B_{kd \text{ 2 chiều}} = 1,3(B_T + B_T) + 2\Delta B \tag{2-3}$$

Trong kênh một chiều:

$$B_{kd \text{ 1 chiều}} = 1,5B_T + \Delta B \tag{2-4}$$

$B_T$ - Bề rộng tàu.

$\Delta B$ - Độ dự phòng an toàn về bề rộng.

$$\Delta B = L_T \cdot \sin\varphi - N(1 - \cos\varphi) \quad (2-5)$$

L- Chiều dài tàu.

$\varphi$ - Góc đặt,  $\text{tg}\varphi = v_{\text{ngang}}/v$  (min =  $2^0$ )

v- Vận tốc tàu.

$v_{\text{ngang}}$ - Vận tốc ngang của tàu được xác định theo phương trình sau:

$$C \frac{v_{\text{ngang}}^2}{16} \omega_{\text{tàu}} = \alpha\beta \frac{\gamma}{g} \omega_l v_{\text{giangang}}^2 \quad (2-2)$$

c- Hệ số khí động học, lấy bằng 1,4.

$v_{\text{giangang}}$ - Vận tốc gió vuông góc với trục kênh.

$\omega_t$ - Diện tích chắn gió của tàu (trên mực nước)

$\omega_{\text{tàu}}$ - Diện tích phần dưới mặt nước của tàu theo phương dọc.

$\alpha$ - Hệ số cản (=0,5)

$\beta$ - Hệ số ảnh hưởng của kênh  $\beta = \left(\frac{h}{h-T}\right)^{3/2}$

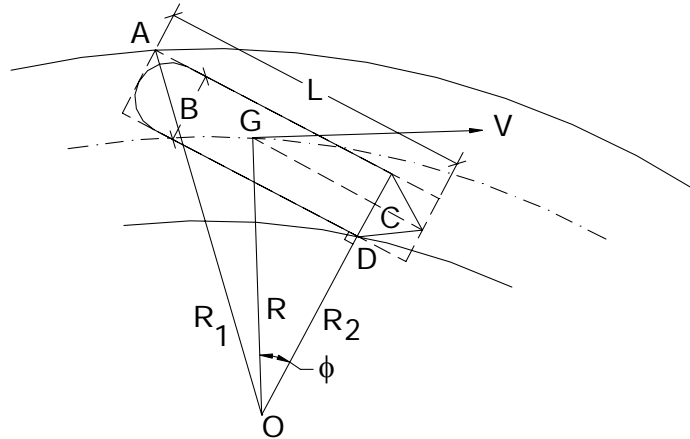
h- Độ sâu mặt cắt

T- Mớn nước tàu tính toán.

$\gamma = 9810 \text{ N/m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

### 2.1.2.3. Gia tăng bề rộng kênh dẫn tại các đoạn cong:



**Hình 2. 2: Độ gia tăng bề rộng kênh dẫn tại đoạn cong**

G- Trọng tâm tàu.

Nếu đặt  $\frac{C.B}{L} = \alpha$  ta có:

$$\sin\varphi = \frac{\alpha.L}{R}$$

$$R_1 = \sqrt{(R_2 + B)^2 + \left(\frac{1}{2}L + 2L\right)^2}$$

$$\approx R_2 + B + \frac{1}{2} \frac{1}{R_2 + B} \left(\frac{1}{2} + \alpha\right)^2 L^2$$

$$\Delta B = R_1 - R_2 - B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \alpha\right)^2 \frac{L^2}{R \cdot \cos\varphi + B/2} \quad (2-7)$$

Thông thường  $\varphi = 3 \div 2^0$  do đó  $\cos\varphi \approx 1$  và  $\frac{B}{2} \ll R$

$$\Delta B = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \alpha\right)^2 \frac{L^2}{R} \quad (2-8)$$

Phần mở rộng bên trong:

$$\Delta B_{\text{trong}} = R - R_2 - \frac{B}{2} \quad (2-9)$$

Từ tam giác COG ta có:

$$R_2 + \frac{B}{2} = \sqrt{R^2 - \alpha^2 L^2} \approx R - \frac{\alpha^2 L^2}{2R}$$

$$\Rightarrow \Delta B_{\text{trong}} = \frac{\alpha^2 L^2}{2R} \quad (2-10)$$

$$\Rightarrow \Delta B_{\text{ngoài}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4} + \alpha\right) \frac{L^2}{R} \quad (2-11)$$

Như vậy gia tăng bề rộng kênh trong đoạn cong:

- Luồng 1 chiều:

$$\Delta B_{1\text{ chiều}} = \frac{(0,5 + \alpha)^2 L^2}{2R} \quad (2-12)$$

- Luồng 2 chiều:  $\Delta B_{2\text{ chiều}} = 2 \cdot \Delta B_{1\text{ chiều}}$

Trên thực tế  $\alpha \approx 0,4$

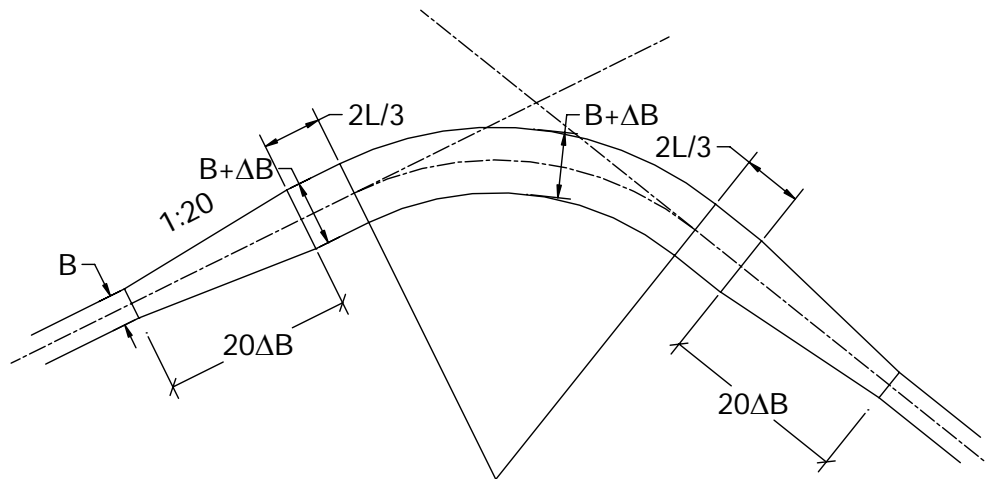
$$\Delta B_{1\text{ chiều}} = 0,4 \frac{L^2}{R} \text{ trong đó } \begin{cases} \Delta B_{\text{ngoài}} = 0,32 \frac{L^2}{R} \\ \Delta B_{\text{trong}} = 0,08 \frac{L^2}{R} \end{cases} \quad (2-13)$$

$$\Delta B_{2\text{ chiều}} = 0,8 \frac{L^2}{R} \quad (2-14)$$

- Bán kính cong  $\geq 5L$  (tàu hoặc chiều dài của đoàn tàu uốn liên kết cứng, uốn liên kết mềm cho phép quay thì lấy tàu dài nhất).

### 2.1.3. Nối tiếp đoạn cong:

Để chuyển tiếp kích thước của kênh dẫn ở đoạn cong người ta tuân theo quy tắc sau:



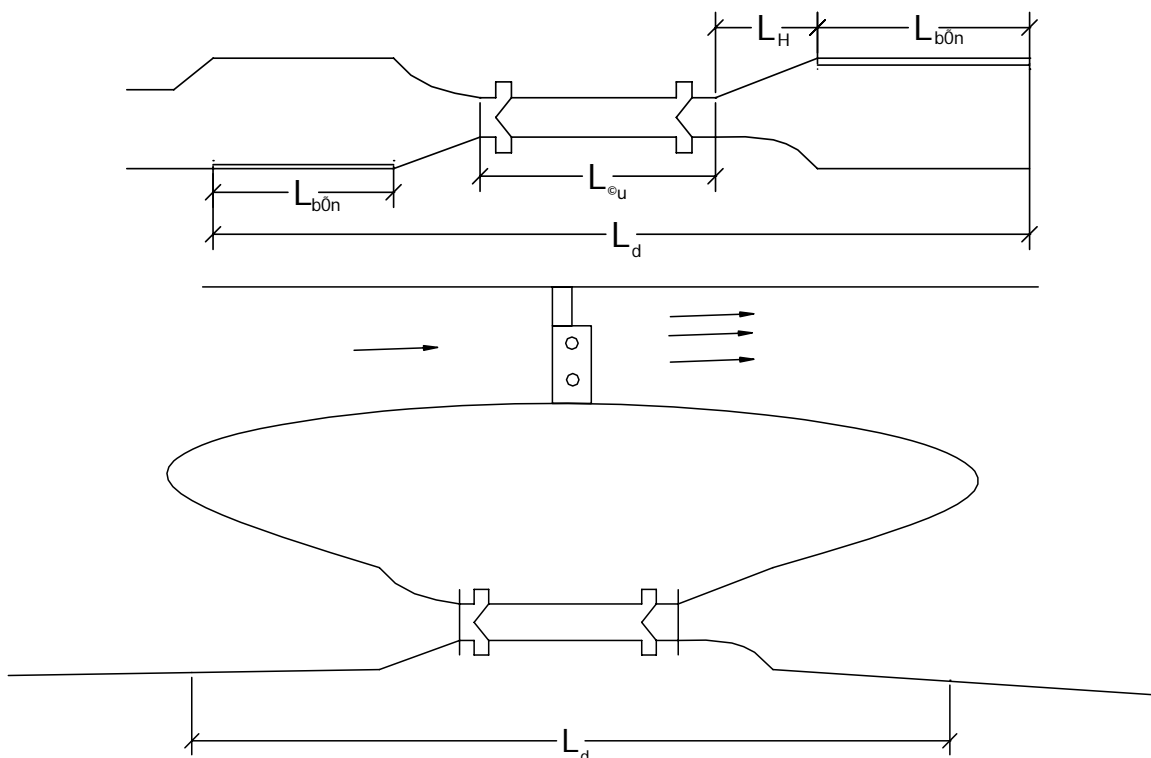
**Hình 2. 3: Tiếp nối đoạn cong**

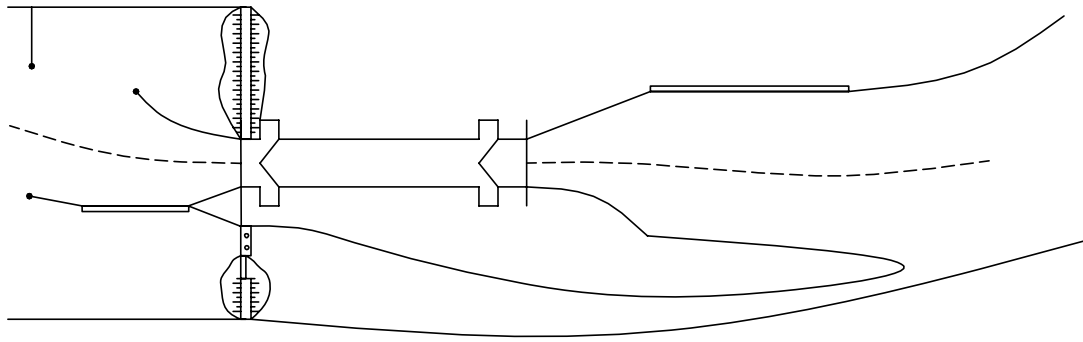
- Đoạn cong từ đoạn đi ra từ hai phía là đoạn thẳng có chiều dài  $\frac{2}{3}L$  và bề rộng đoạn cong  $B+\Delta B$ .
- Tiếp theo là đoạn chuyển tiếp có độ dài  $20\Delta B$  và độ thoải theo trục chạy tàu 1:20.

**2.2. Kênh đầu âu (Kênh dặt tàu):**

Có 3 dạng kênh đầu âu:

- Trong kênh đào.
- Trong sông.
- Hồ chứa nước.





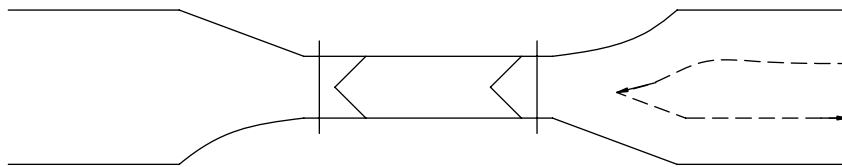
**Hình 2. 4: Kênh đầu âu (kênh dặt tàu)**

Nếu như sóng trong hồ chứa nước lớn hơn mức cho phép thì cần phải làm các công trình chắn sóng đối với tàu đầu ở bên cho phép từ 0,2 ÷ 0,7m

**2.2.1. Các phương án kênh đầu âu:**

2.2.1.1. Phương án a:

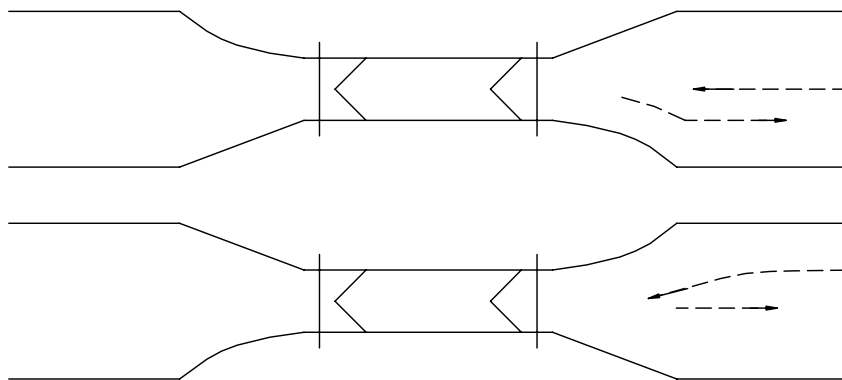
Kênh đầu âu đối xứng, trục kênh trùng với trục của âu, điều kiện vào và ra là như nhau, tàu vào và ra đều phải chỉnh hướng theo đường cong.



**Hình 2. 5: Phương án a**

2.2.1.2. Phương án b:

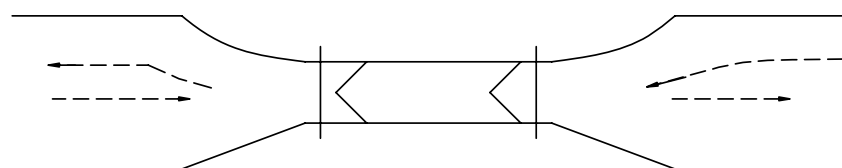
Kênh không đối xứng: có thể có 2 loại: tàu vào kênh không thay đổi hướng và tàu ra không thay đổi hướng.



**Hình 2. 6: Phương án b**

2.2.1.3. Phương án c:

Ưu tiên cho một hướng nào đó ví dụ tàu từ thượng lưu xuống chất nhiều hàng.

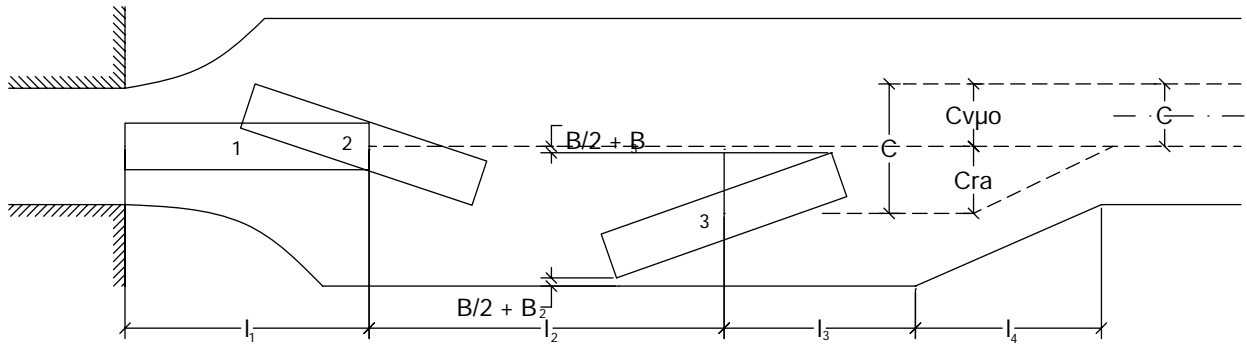


**Hình 2. 7: Phương án c**

Phương án được sử dụng thông dụng nhất là phương án b.



**2.2.2. Kích thước của kênh đầu âu:**



**Hình 2. 8: Kích thước kênh đầu âu**

**2.2.2.1. Chiều dài kênh đầu âu:**

$$L_K = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 \tag{2-15}$$

Trong đó:

$$l_1 = l_3 = L \tag{2-1}$$

$$l_2 = \sqrt{L + (4R - C)C} \tag{2-12}$$

(Xuất phát từ phương trình  $l_2^2 + (2R - C)^2 = l_c^2 + (2R)^2 = L^2 + (2R)^2$ )

$$C = C_{ra}$$

$$l_4 \geq 20(B_{KD} - B_K) \tag{2-17}$$

$B_K$ - Bề rộng kênh.

$B_{KD}$ - Bề rộng đoạn phòng ra.

$\Delta B_2 = 0,2 \frac{L^2}{R} = \Delta B_3$  tại vị trí 3 khi tàu quay về trục của kênh gồm 2 độ rộng dự phòng.

$$\Delta B_1 = 0,32 \frac{L^2}{R} \text{ tại vị trí 2 tàu cần 1 độ dự phòng } \Delta B_1$$

$$C_{vào} = \Delta B_1 + a_{bén} + a_{bờ}$$

$a_{bén}$ - Khoảng cách dự phòng giữa tàu và bến.

$a_{bờ}$ - Khoảng cách dự phòng giữa tàu và bờ.

**2.2.2.2. Chiều rộng kênh đầu âu:**

$$BK = a_{bờ} + B + (a_t + \Delta B_3) + B + (\Delta B_2 + a_{bờ})$$

$a_t$ - Khoảng cách an toàn giữa các tàu.

Khoảng cách giữa 2 trục tàu:

$$C = \frac{1}{2}B + a_t + \Delta B_3 + \frac{1}{2}B = B + a_t + \Delta B_3 \tag{2-18}$$

$$C_{ra} = C - C_{vào} = B + a_t - (a_{bén} - a_{bờ}) - (\Delta B_1 - \Delta B_3) \tag{2-19}$$

$$a_t \approx a_{b\hat{e}} \approx 0,2B$$

$$a_{b\hat{O}n} \approx 0,2B$$

Khoảng cách giữa trục kênh và trục âu:

$$a_0 = \frac{1}{2}(B + a_t) - C_{\nu\mu\sigma} \quad (2-20)$$

Trên các đoạn cong có tồn thất mực nước lớn, cần phải làm nhiều âu khi đó khoảng cách các âu là (tối thiểu):

$$L_0 = 2l_1 + 2l_2 + l_3 \text{ hoặc đặt âu nhiều cấp.} \quad (2-21)$$

### 2.2.2.3. Chiều sâu và cao trình đáy kênh:

#### a. Chiều sâu kênh:

$$T_k = T + \Delta T' \quad (2-22)$$

Trong đó:

T- Mớn nước tàu tính toán.

$\Delta T'$ - Độ sâu dự trữ, thường lấy  $\Delta T' = 1 \div 1,5m$ .

#### b. Cao trình đáy kênh:

Khi tính cao trình đáy kênh dất tàu phải lấy với mực nước vận tải thấp nhất, và phải xét đến các điều kiện sóng gió khi cấp tháo nước.

- Cao trình đáy kênh thượng lưu:

$$\downarrow \text{Day kênh} = \downarrow \text{MN dong TL} - T_k \quad (2-23)$$

- Cao trình đáy kênh hạ lưu:

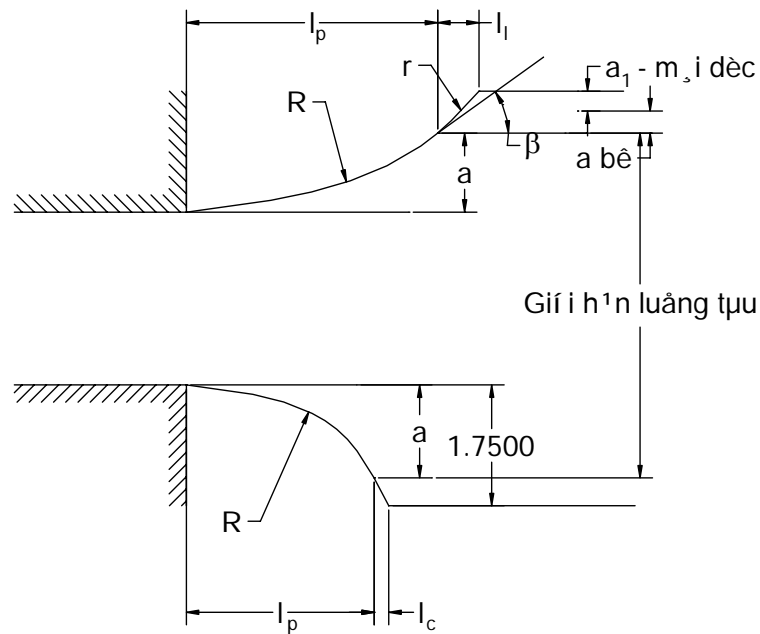
$$\downarrow \text{Day kênh HL} = \downarrow \text{MN dong HL min} - T_k \quad (2-24)$$

Lưu ý: Khi tính toán Cao trình đáy kênh thượng lưu thường thấp hơn Cao trình đáy đầu âu thượng lưu do độ sâu yêu cầu trong kênh thường lớn hơn độ sâu có lợi bùong âu, tuy nhiên để tiện cho thi công cũng như khai thác, nên lấy Cao trình đáy đầu âu thượng lưu bằng Cao trình đáy kênh thượng lưu.

### 2.2.3. Công trình dẫn hướng.

Các công trình dẫn hướng là các công trình nối tiếp với thành của đầu âu, chúng có tác dụng hướng tàu từ âu có bề rộng nhỏ ra kênh có bề rộng lớn và ngược lại.

Công trình dẫn hướng nào bên phải khi vào âu tàu gọi là công trình thông tàu còn bên trái gọi là không thông tàu.



**Hình 2.9 : Công trình dẫn hướng**

$$l_p + l_c \text{ công trình thông tàu} = \left(\frac{3}{4} \div 1\right)L \text{ không nhỏ hơn } \frac{1}{2}L$$

$$l_p + l_l \text{ công trình không thông tàu} = \left(\frac{1}{2} \div \frac{3}{4}\right)L \text{ không nhỏ hơn } \frac{1}{3}L$$

$\beta$  của thông tàu  $\approx 15 \div 30^\circ$

$\beta$  của không thông tàu  $\approx 20^\circ$

$r \approx 0,2L$

Ngoài ra:

Từ  $\beta, L_{\text{thông}}, r \rightarrow l_c \rightarrow l_p \rightarrow R$

$$l_p = R \sin \beta$$

$$l_c = r(1 - \sin \beta)$$

(2-25)

Chương 3

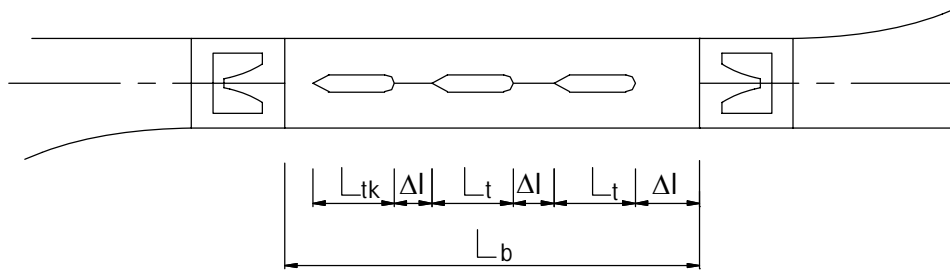
## KẾT CẤU BUỒNG ÂU

### 3.1. Các kích thước của buồng âu:

#### 3.1.1. Chiều dài có lợi của buồng âu ( $L_b$ ):

Là chiều dài của buồng âu đủ để tàu đậu ở đó được an toàn.

##### 3.1.1.1. Với đội hình đoàn tàu kéo:



Hình 3. 1: Xác định chiều dài  $L_b$

$$L_b = L_{tk} + \sum_2^n L_t + (n + 1)\Delta l \quad (3-1)$$

Trong đó:

$L_{tk}$  - Chiều dài tàu kéo

$L_t$ : - Chiều dài 1 tàu hoặc xà lan

$n$  - Số lượng tàu (kể cả tàu kéo) theo hàng dọc.

$\Delta l$  - khoảng cách 3 tàu hoặc giữa tàu với cửa âu. Thông thường lấy  $\Delta l \geq 3m$ , hoặc  $\Delta l = 1 + 0,015 L_t$  (công thức kinh nghiệm)

##### 3.1.1.3. Với đội hình đoàn tàu đẩy:

$$L_b = L_{td} + \sum_2^n L_t + 2.\Delta l \quad (3-3)$$

Trong đó:

$L_{td}$  - Chiều dài tàu đẩy

##### 3.1.1.3. Với tàu đơn:

$$L_b = L_t + 2.\Delta l \quad (3-3)$$

Trong đó:

$L_t$ - Chiều dài tàu.

### 3.1.3. Bề rộng có lợi của buồng âu ( $B_b$ ):

#### 3.1.3.1. Với đoàn tàu:

$$B_b = \sum_1^m B_t + 2.\Delta b \quad (3-4)$$

Trong đó:

$B_t$ - Bề rộng tàu hoặc xà lan

$\Delta b$ - Khoảng cách an toàn giữa biên tàu và mép tường, lấy  $\Delta b = (0,8 \div 3)m$ .

$m$ - Số tàu hoặc xà lan theo hàng ngang.

Ngoài ra  $B_b$  có thể tính gần đúng theo công thức:

$$B_b = (1,1 \div 1,15) \sum_1^m B_t \quad (3-5)$$

Theo quy phạm của Liên Xô (cũ) thì:

+ Khi  $B_b < 10m$  thì  $\Delta b / 0,3m$ .

+ Khi  $B_b < 30m$  thì  $\Delta b / 0,4m$ .

+ Khi  $B_b > 30m$  thì  $\Delta b / 0,5m$ .

3.1.3.3. Với tàu đơn:

$$B_b = B_t + 2.\Delta b \quad (3-6)$$

**3.1.3. Độ sâu có lợi của buồng âu ( $S_b$ ):**

Độ sâu có lợi của buồng âu tính từ mực nước thấp nhất trong buồng âu đến đáy âu:

$$S_b = T + \Delta T \quad (3-7)$$

Trong đó:

$T$ - Mớn nước lớn nhất của tàu chở đầy hàng.

$\Delta T$ - Độ sâu dự trữ dưới đáy âu, đề phòng tàu va vào đáy âu. Theo quy phạm của Liên Xô:

+ Với  $S_b \leq 3,5m$  thì  $\Delta T / 0,3m$

+ Với  $S_b > 3,5m$  thì  $\Delta T / 0,5m$

Ngoài ra có thể tính  $S_b$  theo công thức:

$$S_b = (1,25 \div 1,3)T \quad (3-8)$$

**3.1.4. Cao trình đáy và cao trình đỉnh tường buồng âu:**

- Cao trình đáy và đỉnh âu liên quan đến mực nước thượng, hạ lưu. Mực nước thượng, hạ lưu luôn thay đổi theo thời gian và chia ra làm 3 loại:

+ Mực nước tĩnh: phụ thuộc vào điều kiện thủy văn của sông ngòi, hồ chứa nước trong thời gian dài.

+ Mực nước động: phụ thuộc vào các ảnh hưởng tức thời do việc điều chỉnh lưu lượng hàng ngày của nhà máy thủy điện, do cấp tháo nước khi tàu qua âu, do sóng gió, thủy triều gây ra.

3.1.4.1. Cao trình đáy âu:

- Do mực nước thiết kế vận tải nhỏ nhất định ra, đồng thời có xét đến ảnh hưởng của mực nước động:

$$\downarrow \text{Day au} = \downarrow \text{MN} \text{ dong}_{\min} - S_b \quad (3-9)$$

- Ngoài ra còn phải chú ý đến sự phát triển trong tương lai để định ra cao trình đáy âu.

- Việc chọn cao trình đáy âu thích hợp sẽ giảm được kinh phí xây dựng và đảm bảo cho âu làm việc tốt, tàu bè đi lại an toàn.

### 3.1.4.3. Cao trình đỉnh âu:

- Cao trình đỉnh âu căn cứ vào mực nước thiết kế cao nhất để định ra, đồng thời có xét đến ảnh hưởng của mực nước động.

$$\downarrow \text{Đỉnh au} = \downarrow \text{MN} \text{ dong}_{\max} + \text{Độ vượt cao } \delta \quad (3-10)$$

Thường lấy độ vượt cao  $\delta < 1\text{m}$

\* Chú ý:

- Cần so sánh về kinh tế và kỹ thuật để quyết định tần suất thiết kế:

+ Với mực nước thấp thiết kế: Nếu cho phép đình chỉ chạy tàu trong một số trường hợp thì mực nước sẽ cao hơn.

+ Với mực nước cao thiết kế: Nếu cho phép ngập một số bộ phận công trình thì mực nước sẽ nhỏ đi. Đối với tuyến sông chính mực nước cao nhất thường lấy với tần suất  $p = 1 \div 3\%$ , song cũng cần xét đến trường hợp lũ quá cao.

## 3.2. Một số dạng kết cấu buồng âu.

Thực tế buồng âu là đoạn kênh giới hạn bởi 3 đầu âu và trong mặt cắt ngang giới hạn bởi tường và đáy âu để có thể đảm bảo sự thay đổi rất nhanh của mực nước trong buồng âu.

Trong buồng âu có bố trí thiết bị neo tàu và các thiết bị hỗ trợ khác để có thể đảm bảo cho tàu được an toàn khi đậu trong âu cũng như khi qua âu.

### 3.2.1. Phân loại:

#### 3.2.1.1. Dựa vào hình dáng buồng âu:

- + Buồng âu tường đứng.
- + Buồng âu mái nghiêng.
- + Buồng âu kết hợp đứng và nghiêng.

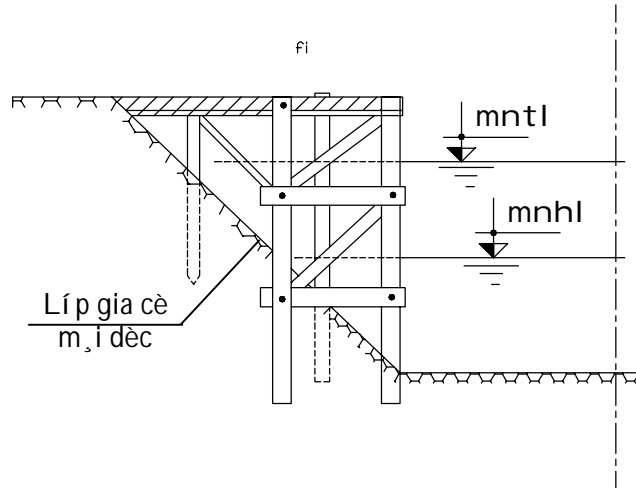
#### 3.2.1.3. Dựa vào vật liệu:

- + Buồng âu bê tông
- + Buồng âu bê tông cốt thép.
- + Buồng âu tường cừ.
- + Buồng âu gỗ.

#### 3.2.1.3. Dựa vào kết cấu:

- + Buồng âu tường liền đáy.
- + Buồng âu đáy rời.
- + Buồng âu lắp ghép.

### 3.2.2. Buồng âu mái nghiêng:



**Hình 3. 2: Mặt cắt ngang buồng âu mái nghiêng và cầu dẫn hướng tàu**

Với buồng âu mái nghiêng, khi tháo nước khỏi buồng âu thì nước ngấm ở trong mái chảy ra làm mất vật liệu của mái và có thể dẫn đến sụt lở. Vì vậy phải có lớp gia cố chống hiện tượng mái sụt. Chiều dày lớp gia cố mái thường do độ dốc mái quyết định, độ dốc mái thường là  $m = 1:1 \div 1:3$ .

Loại kết cấu buồng âu này có ưu nhược điểm sau:

**\* Ưu điểm:**

- Giá thành hạ.
- Ít tốn bê tông cốt thép.

**\* Nhược điểm:**

- Lượng nước tiêu hao lớn.
- Thời gian cấp tháo nước lâu.
- Tàu dễ bị hư hỏng lúc cập tàu, lúc tháo nước.

Để tránh cho tàu khỏi đâm vào, tường âu phải xây cầu dẫn hướng tàu, như vậy sẽ khắc phục được nhược điểm thứ 3, nhưng giá thành lại tăng lên.

Vì nhược điểm nhiều hơn ưu điểm cho nên hiện nay người ta ít dùng kết cấu buồng âu này. Loại này chỉ áp dụng ở những sông nhỏ, mức vận chuyển hàng hoá không lớn và cột nước  $H < 3,5m$ .

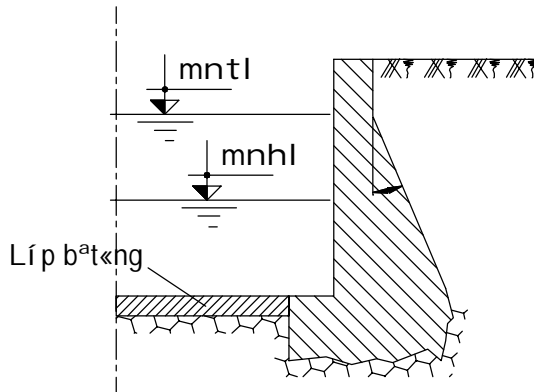
### 3.2.3. Buồng âu tường đứng xây dựng trên nền đá:

#### 3.2.3.1. Trường hợp mặt nền đá xấp xỉ cao trình đáy âu:

Loại kết cấu này thường có tường buồng dạng hình tam giác đỉnh trên của tam giác mở rộng thành hình chữ nhật, chiều rộng tường thường được xác định bởi điều kiện không xuất hiện ứng suất kéo ở mặt trước và mặt sau tường:

$$\theta \geq 45^\circ - \frac{\gamma}{2} \quad (3-11)$$

Với  $\gamma$  là góc nội ma sát của đất lấp sau tường.



**Hình 3. 3: Mặt cắt ngang buồng ôu bê tông trên nền đá.**

**\* Ưu điểm:**

- + Kết cấu đáy đơn giản.
- + Nếu lớp đá tốt chỉ cần san bằng hoặc trát qua lớp xi măng.
- + Nếu lớp đá xấu: Dùng một lớp bê tông hoặc lát những tấm bê tông.

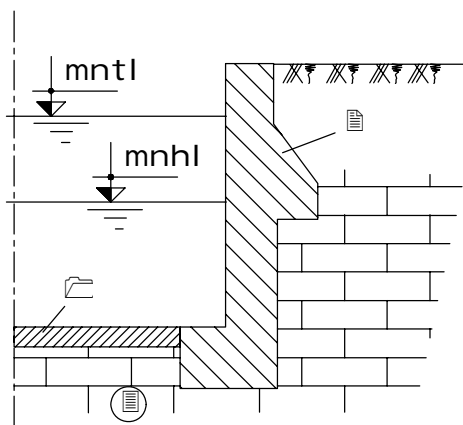
**\* Nhược điểm:**

Loại kết cấu này chỉ dùng ở những ôu tàu có cột nước chênh lệch nhỏ, vì nếu cột nước lớn phải xây khối bê tông lớn đắt tiền.

**3.2.3.2. Trường hợp mặt nền đá nằm cao hơn cao trình đáy ôu thiết kế:**

Ta có thể lợi dụng lớp đá ngang tường buồng ôu để chịu lực trong quá trình ôu làm việc, do đó tường ôu không nhất thiết phải mở rộng kích thước ở dưới đáy.

Nếu nền đá yếu, ở đáy buồng ôu ta phải dùng lớp trát bê tông (có thể lớp trát có dây neo)

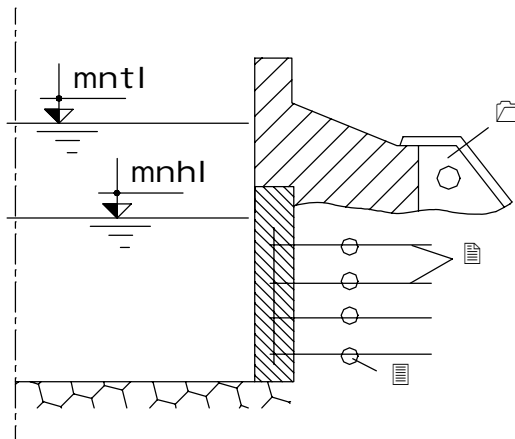


**Hình 3. 4: Buồng ôu bê tông trên nền đá yếu.**

- 1- Lớp trát bê tông.
- 3- Tường buồng ôu.
- 3- Nền đá yếu.



- Nếu nền đá cứng ta làm lớp trát mặt có dây neo cố định vào đá (đối với tường buồng ô tô), còn đáy ô tô chỉ việc san bằng. Để giảm áp lực thấm từ trong ra phía tường buồng và sau lớp trát mặt, cần xây thiết bị thoát nước nằm ngang.



**Hình 3. 5: Buồng ô tô bê tông trên nền đá cứng.**

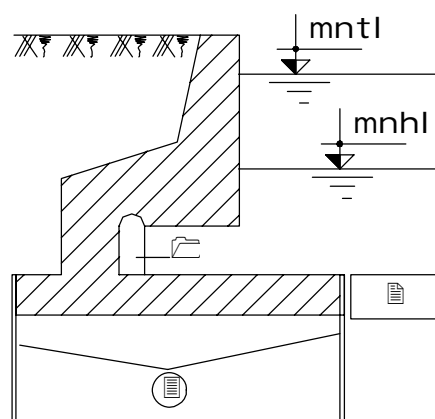
- 1- Vật thoát nước sau tường buồng.
- 3- Neo của lớp trát mặt.
- 3- Vật thoát nước sau lớp trát mặt.

Để tránh rác rưởi làm tắc cống thoát nước, yêu cầu đường kính cống  $\phi / 35 \div 30$  cm.

**3.2.4. Buồng ô tô kiểu đáy phân ly (đáy thấm nước):**

Cấu tạo buồng ô tô kiểu đáy phân ly phụ thuộc nhiều vào hệ thống cấp tháo nước của ô tô - tập trung hay phân tán- tức là phụ thuộc ở chỗ trong tường buồng ô tô có cống dẫn nước hay không.

Khi dùng hệ thống cấp tháo nước phân tán mà trong tường buồng ô tô có cống dẫn nước thì tường buồng ô tô thường là kiểu trọng lực (bê tông ít cốt thép) như hình 3.5 hoặc kiểu bản tựa (bê tông cốt thép).

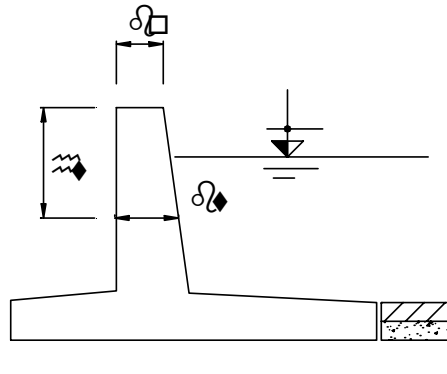


**Hình 3. 6: Buồng ô tô kiểu trọng lực có cống dẫn nước.**

- 1. Cống dẫn nước.
- 3. Dềng ngang.
- 3. Cừ chắn.

Khi dùng hệ thống cấp tháo nước tập trung thì tường buồng ôu có thể xây theo kiểu trọng lực (hình 3.7), kiểu bản tựa (hình 3.11), kiểu bệ cọc cao (hình 3.10), hoặc kiểu cừ thép (hình 3.6). Tất cả các kết cấu buồng ôu kiểu đáy phân ly đều có hình thức kết cấu đáy như nhau: Lớp bảo vệ đáy (đá xây hoặc tấm bê tông xây trên tầng lọc ngược (hình 3.11)).

\* Kích thước sơ bộ.



**Hình 3. 7: Các kích thước buồng ôu đáy phân ly**

$$b_0 = (1 \div 1,5)m.$$

$$b_1 = (0,3 \div 0,5) h_b.$$

$$d_0 = (1,5 \div 3,0)m.$$

$$d_1 = (0,3 \div 0,35) h_b.$$

$$d_1 < \left( \frac{1}{10} \div \frac{1}{8} \right) B_b$$

Loại này cũng chống thấm và chống trượt tốt, thích hợp với đất mềm, giảm được chiều dày đáy, tăng độ sâu buồng ôu và tăng mặt cắt ướt của buồng ôu.

Nhược điểm lớn của kết cấu buồng này là kết cấu mỗi nối phức tạp, lại phải làm thêm nút thừa ngoài.

Buồng ôu kiểu nút thừa nối giữa có thể dùng bê tông dự ứng lực và được xây dựng khi  $B_b > 30m$ .

Theo quy phạm (Hình 53- 59)

$$b_0 / (0,75 \div 0,80)m$$

$$b_t = (0,16 \div 0,33) h_t$$

$b_t$  - Chiều rộng tường tại mặt cắt tính toán.

$h_t$  - Khoảng cách từ đỉnh tường đến mặt cắt tính toán.

#### 3.2.4.1. Buồng ôu bằng tường cừ:

Trên nền không phải là đá với cột nước thấp và vừa, âu tàu thường có kết cấu buồng bằng cừ.

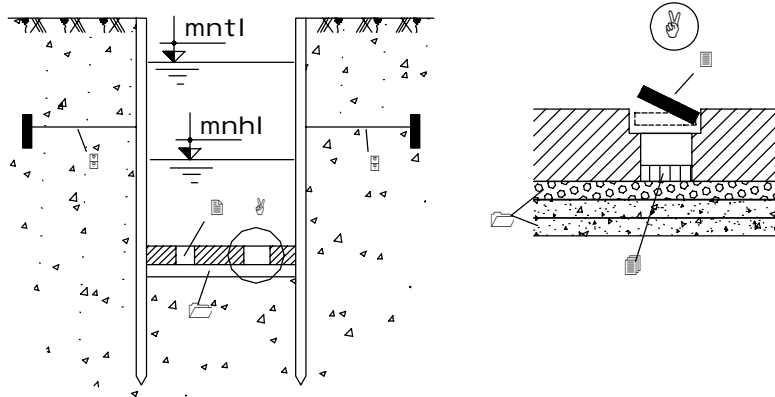
Cừ có thể bằng thép, bê tông cốt thép hoặc gỗ, nhưng thông thường nhất là dùng cừ thép.

Tường cừ có thể đóng thẳng đứng hoặc xiên với độ xiên từ 1: 0,03 ÷ 1: 0,01 và dùng thanh neo giữ chặt, dây neo được giữ chặt cố định bởi cọc neo, bản neo hoặc tường neo.

Khoảng cách giữa các dây neo phụ thuộc vào áp lực đất và sức chống uốn của cừ.

Chiều sâu đáy cừ phải đảm bảo cừ gắn chặt vào lòng đất và thoả mãn chiều dài cần thiết của đường viền thấm.

Nếu tường buồng không cao, ta xây tường cừ 1 neo, đáy âu làm theo phương thức tầng lọc ngược.



**Hình 3. 8: Buồng âu tường cừ 1 thanh neo với đáy có lỗ giảm áp lực (A).**

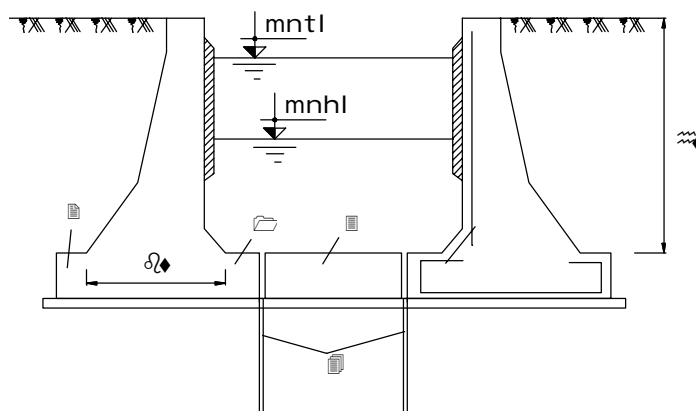
- 1. Tầng lọc ngược.
- 2. Lưới chắn.
- 3. Lỗ giảm áp lực.
- 4. Lưới chắn.
- 5. Thanh neo.
- 3. Van có bản lề.

Khi tường buồng tương đối cao, ta dùng tường cừ 3 neo.

Buồng âu bằng tường cừ có ưu điểm là tiết kiệm được bê tông, do các cấu kiện đúc sẵn nên thi công nhanh, thích hợp nơi địa chất yếu, song có nhược điểm là chiếm diện tích xây dựng khá lớn, trên tường âu khó đặt thiết bị buộc tàu di động.

Buồng âu bằng tường cừ thường được xây dựng khi cột nước chênh lệch  $H < 13m$ .

3.2.4.2. Buồng âu tường trọng lực: (hình 3.7)



**Hình 3. 9: Buồng âu tường trọng lực có dằng ngang rời.**

- 1- Mút thừa trong
- 2- Mút thừa ngoài.
- 3- Mút thừa ngoài.
- 4-Cừ chống thấm.
- 5-Đoạn nước trần tĩnh.

### 3- Dằng ngang BTCT.

Loại buồng ôu tường trọng lực tốn ít cốt thép, thi công đơn giản, dưới tường thường làm những mút thừa.

**\* Mút thừa ngoài:**

Giữ cho tường khỏi trượt vào trong, chiều dài của nó phụ thuộc vào điều kiện ổn định của tường, tức là phụ thuộc vào góc nội ma sát của lớp đất đắp, phụ thuộc vào sơ đồ thấm của buồng ôu, và còn phụ thuộc vào góc nội ma sát và góc trượt của đất nền.

**\* Mút thừa trong:**

Nhằm giảm áp lực nền, chiều dài của mút thừa trong phụ thuộc vào áp lực cho phép của đất và tính phân bố không đều của áp lực lúc cấp tháo nước buồng ôu.

Để tăng tính ổn định của đất nền dưới tường, ở dưới mút thừa trong cần đóng một hàng cừ chống thấm và dùng dằng ngang liên kết với mút thừa trong.

Dằng ngang: thường dùng loại dằng ngang rời (hình 3.7) hoặc dằng ngang liên kết (hình 3.8). Dằng ngang liên kết ngoài khả năng chịu lực dọc do tường truyền đến, nó còn có tác dụng giảm tính không đều của áp lực nền lúc cấp tháo nước buồng ôu.

Để đảm bảo buồng ôu không bị nghiêng vào trong do lún, độ nghiêng chính diện của tường ôu thường bằng 1: 100 ÷ 1: 50.

Bề rộng nhỏ nhất của tường ôu bê tông cốt thép ở cao trình đáy ôu và trên đáy ôu được xác định căn cứ vào tính toán lực kéo lớn nhất của bê tông ở sau tường, phụ thuộc vào đất lấp và mực nước ngầm tính toán sau tường.

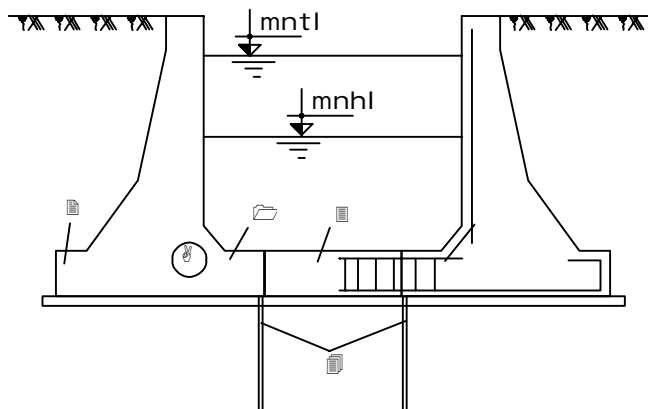
Thông thường:

$$b_t = (0.33 \div 0.38) h_t \tag{3-13}$$

Ở đây:

$b_t$ : chiều rộng tường.

$h_t$ : chiều cao từ tiết diện tính toán đến đỉnh tường.

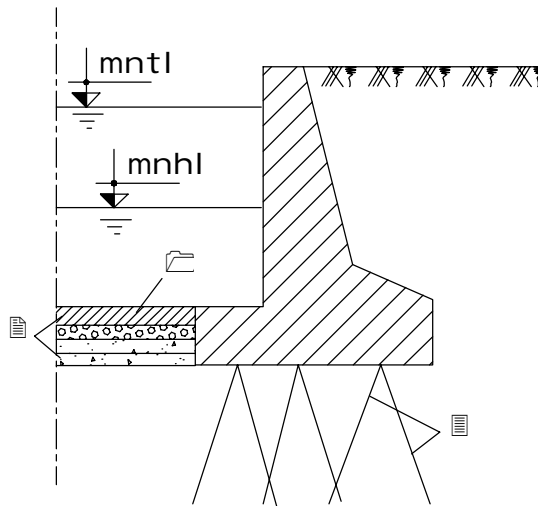


**Hình 3. 10: Buồng ôu tường trọng lực có dằng ngang liên kết.**

- 1- Mút thừa trong.
- 2- Mút thừa ngoài.
- 3- Dằng ngang BTCT.
- 4- Cừ chống thấm.

Buồng ôu tường trọng lực có thể áp dụng với bất kỳ cột nước chênh lệch nào, nhất là nó thích ứng với âu tàu có cột nước lớn và địa chất tốt.

Nếu nền đất yếu ta xây tường âu bê tông trên nền cọc (hình 3.9)



**Hình 3. 11: Tường buồng âu trên nền cọc xiên.**

- 1- Lớp bảo vệ đáy.
- 3- Tầng lọc ngược.
- 3- Cọc xiên.

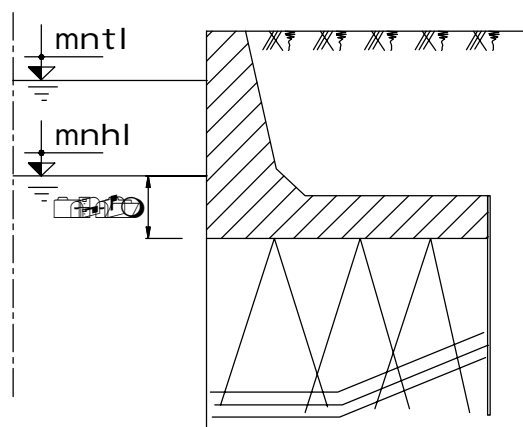
Tường buồng âu trên nền cọc xiên chỉ xây dựng ở những âu tàu có cột nước chênh lệch nhỏ  $H = 3 \div 3,5\text{m}$

#### 3.2.4.3. Buồng âu kiểu bệ cọc cao:

Buồng âu kiểu bệ cọc cao thường được xây dựng trên nền đất yếu. Bệ cọc cao là bê tông hoặc bê tông cốt thép và có cừ trước hoặc cừ sau.

Để tránh tăng thể tích khối nước tháo đi và tránh mục nát khi dùng cọc gỗ, mặt đáy của đài cọc phải đặt thấp hơn mực nước hạ lưu từ  $0,5 \div 1\text{m}$ .

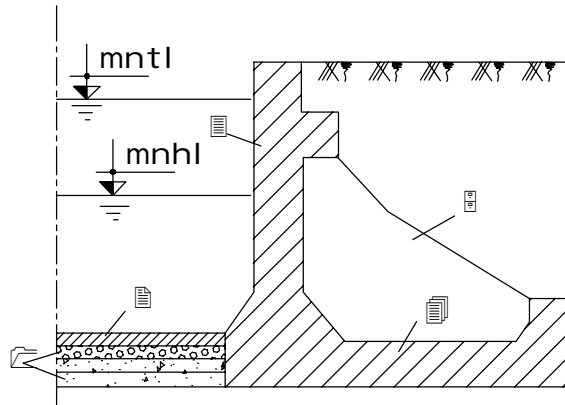
Cừ trước hoặc cừ sau có tác dụng giảm bề rộng đài cọc và tăng chiều dài thấm từ buồng âu đến lớp đất lấp (hoặc đến thiết bị thoát nước trong lớp đất lấp).



**Hình 3. 12: Buồng âu kiểu bệ cọc cao.**

Loại kết cấu buồng âu kiểu bệ cọc cao có ưu điểm là chi phí xây dựng ít, nhưng việc đóng cọc phức tạp, khó tránh được hiện tượng nước thấm qua cừ.

#### 3.2.4.4. Buồng âu kiểu bản tựa:



**Hình 3. 13: Buồng ô kiểu bản tựa.**

- 1- Tầng lọc ngược.
- 2- Tầng lọc xuôi.
- 3- Lớp bảo vệ đáy.
- 3- Bản mặt BTCT.
- 4- Bản đáy BTCT.
- 5- Bản tựa.

Ổn định lật và ổn định trượt của tường buồng ô kiểu này do trọng lượng đất lấp sau tường đảm bảo, vì trọng lượng bản thân của tường nhẹ.

**3.2.5. Buồng ô đáy liên kết:**

- Về mặt kỹ thuật và quản lý, buồng ô đáy liên kết là hình thức hoàn thiện nhất vì có những ưu điểm sau:

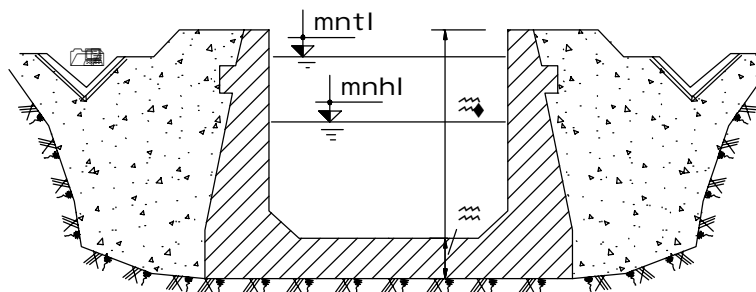
- + Khắc phục được hiện tượng thấm từ buồng ô đến lớp đất lấp.
- + Triệt tiêu được khả năng đất nền dưới tường ô trôi vào buồng ô.
- + Thích hợp xây dựng trên nền đất mềm.

Đáy buồng ô kiểu liên kết chịu lực rất lớn vì vậy cần phải dày và bố trí nhiều cốt thép.

Buồng ô đáy liên kết có 3 dạng:

- + Kiểu ụ tàu.
- + Kiểu mút thừa nối giữa.

**3.2.5.1. Buồng ô đáy liên kết kiểu ụ tàu:**



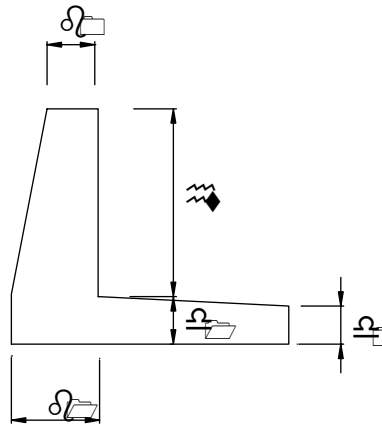
**Hình 3. 14: Buồng ô kiểu ụ tàu.**

Buồng ô kiểu ụ tàu có thể xây dựng hoàn toàn bằng bê tông, nhưng loại này ít dùng vì đáy và tường khá dày, phải đào nhiều đất ở hố móng.

Hiện nay thường sử dụng rộng rãi buồng ô kiểu ụ tàu bằng bê tông cốt thép vì giảm được chiều dày của tường và buồng ô.

Các kích thước chủ yếu của buồng ôu.:

\* Kích thước sơ bộ:



**Hình 3. 15: Các kích thước sơ bộ buồng ôu đáy liên kết kiểu ụ tàu**

$$b_0 = (1 \div 1,5)m \quad (3-13)$$

$$b_1 = (0,3 \div 0,35) h_t$$

$$d_0 = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{4} \right) h_t$$

$$d_1 = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{4} \right) h_t$$

Trong đó:

$d_1, d_0$ - Chiều dày đáy.

$b_1, b_0$ - Bề rộng tường.

$h_t$ - Chiều cao tự do của tường buồng ôu.

\* Ưu điểm:

- Chống thấm và chống trượt tốt.
- Trên nền đất mềm xây dựng được với cột nước H lớn.
- Thi công nhanh, đơn giản.
- Không có hiện tượng đất trôi vào buồng ôu.

\* Nhược điểm:

- Khi bề rộng buồng ôu lớn khó xác định ứng suất ở dưới đáy ôu (ngoại lực để xác định chiều dày đáy).
- Giá thành xây dựng cao.
- Kết cấu buồng ôu kiểu ụ tàu thường được áp dụng khi chiều rộng buồng ôu  $B_b < 30m$ .

3.3.5.3. Buồng ôu kiểu mút thừa nổi giữa:

\* Kích thước sơ bộ.

$$b_0 = (1 \div 1,5)m.$$

$$b_1 = (0,3 \div 0,5) h_t$$

$$d_0 = (1,5 \div 3,0)m.$$

$$d_1 = (0,3 \div 0,35) h_t$$

$$d_1 < \left( \frac{1}{10} \div \frac{1}{8} \right) B_b$$

Loại này cũng chống thấm và chống trượt tốt, thích hợp với đất mềm, giảm được chiều dày đáy, tăng độ sâu buồng âu và tăng mặt cắt ướt của buồng âu.

Nhược điểm lớn của kết cấu buồng này là kết cấu mỗi nối phức tạp, lại phải làm thêm mút thừa ngoài.

Buồng âu kiểu mút thừa nối giữa có thể dùng bê tông dự ứng lực và được xây dựng khi  $B_b > 30m$ .

### 3.2.6. Giới hạn áp dụng các loại kết cấu buồng âu trên nền đất mềm.

Tỷ lệ khối lượng công trình của buồng âu trong toàn bộ khối lượng công trình âu tàu là rất lớn (thường chiếm 50%). Vì vậy khi thiết kế âu tàu cần chọn dạng kết cấu buồng âu hợp lý nhất.

Kết cấu buồng âu có liên quan đến:

- + Hệ số ma sát giữa đất nền và bê tông (tức là liên quan đến hệ số ổn định trượt)
- + ứng suất của đất nền
- + Lớp đất đắp sau tường (góc nội ma sát  $\omega$ )
- + Kích thước của âu.

Theo giáo sư Mikhailốp:

+ Khi  $\frac{h}{B_b} \geq 0,6$ : không dùng đáy phân ly.

+ Khi  $\frac{h}{B_b} \leq 0,3$ : không dùng đáy liên kết (trừ trường hợp đất nền quá yếu)

+ Khi  $0,3 < \frac{h}{B_b} < 0,6$ : phải so sánh các phương án.

Buồng âu bê cọc thường được xây dựng trên nền đất mềm yếu và trong trường hợp tỷ số giữa chiều cao kết cấu bên trên  $h_t$  so với độ sâu trong buồng âu không lớn lắm, thông thường khi  $\frac{h}{S_b} = 1,5$

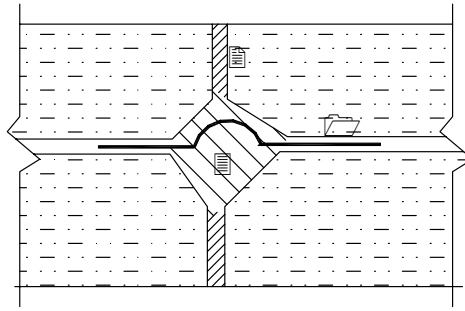
Buồng âu kiểu tường cừ thường được xây dựng trên nền đất mềm yếu và chiều cao tường âu không lớn hơn  $13 \div 14m$ .

### 3.3. Một số thiết bị, chi tiết phụ của buồng âu:

#### 3.3.1. Khe lún và nhiệt độ:

Do nhiệt độ thay đổi và do lún không đều tường âu có thể bị rạn nứt. Để tránh hiện tượng này cần phải bố trí khe lún và khe nhiệt độ và có thể làm chung.





**Hình 3. 16: Khe lún và khe nhiệt độ**

- 1- Tấm lá đồng
- 3- Khe lún nhét đầy vữa
- 3- Lớp bitum

Theo quy phạm, đối với tường ôu bê tông cốt thép cứ 35m đến 40m ta phải bố trí 1 khe nhiệt độ, còn đối tường bê tông khoảng cách đó là 10 ÷ 15m.

Bề rộng của khe lún và khe nhiệt độ  $\Delta l$ :

$$\Delta l = \Delta l_{lún} + \Delta l_{t0} \tag{3-14}$$

$\Delta l_{lún}$ - Bề rộng khe yêu cầu do lún

$$\Delta l_{lún} = \frac{y_1 - y_2}{l} \cdot h_y \tag{3-15}$$

Trong đó:

- $y_1, y_3$ : độ lún ở 3 đầu khối tường.
- $h_y$ : độ cao của bức tường đang xét.
- l- Chiều dài khối tường.

$\Delta l_{t0}$ : bề rộng khe yêu cầu do nhiệt độ thay đổi.

$$\Delta l_{t0} = \alpha \cdot \Delta t^0 \cdot l \tag{3-16}$$

Trong đó:

- $\alpha = 1.10^{-5}$ - Hệ số nở dài của bê tông
- $\Delta t^0$ - Mức chênh lệch nhiệt độ
- l- Khoảng cách giữa các khe lún

Khi:

$$\left. \begin{matrix} \Delta t^0 = 30^0 \div 40^0 \\ l = 10 \div 20m \end{matrix} \right\} \rightarrow \Delta l_{t0} = 0,6 \div 1,2cm$$

**3.3.3. Mặt trong tường ôu:**

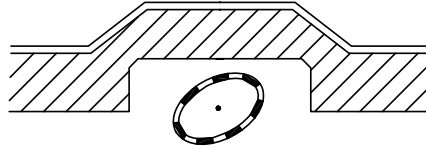
Mặt trong tường ôu cần đảm bảo để tàu bè và bản thân tường không bị hỏng khi tàu bè va chạm vào (thường đặt những nẹp gỗ để bảo vệ).

- Khoảng cách giữa các thanh gỗ đệm là 3 ÷ 5m.

- Khi tính toán chiều rộng có lợi của buồng âu phải trừ đi chiều dày của 3 lớp gỗ bảo vệ.

Ở những âu tàu có ảnh hưởng của nước mặn thì có thể dùng cao su tấm (lớp) hoặc những tấm BTCT

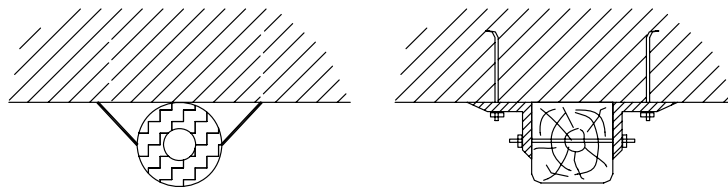
Trường hợp âu tàu có cột nước lớn phải làm khe hở để đặt phao di động.



**Hình 3.17: Phao di động trong buồng âu**

**3.3.3.1. Thiết bị va:**

Thiết bị chống va có thể là cao su hoặc là gỗ:



**Hình 3.18: Đệm chống va bằng cao su và bằng gỗ trong buồng âu**

(Chi tiết tham khảo [6] - Công trình bến cảng - Phạm Văn Giáp)

**3.3.3.3. Thiết bị neo tàu:**

Thiết bị neo tàu thường là neo cố định, neo di động.

- Neo cố định là những trụ neo đặt trên đỉnh tường âu hay cầu tàu. Trụ neo có thể là những ống gang rỗng, thép hoặc bê tông cốt thép có vỏ bọc sắt.

Trụ neo được chôn sâu xuống tường âu, khoảng cách dọc theo buồng âu là 15÷30m/1 trụ.

Trụ neo cố định chỉ bố trí khi cột nước chênh lệch  $H < 7m$

- Neo di động là phao nổi di động lên xuống theo mực nước hoặc có thể dùng máy hạ neo, neo di động có ưu điểm là lực kéo ngang nhỏ, không phải nổi dây buộc tàu, dùng khi cột nước chênh lệch  $H > 7m$

**3.3.3. Cấu tạo chống thấm:**

**3.3.3.1. Đặc điểm thấm trong âu tàu:**

Tình hình thấm trong âu tàu cơ bản khác với các công trình thủy công ở chỗ: khi cấp tháo nước âu tàu cột nước tác dụng lần lượt truyền từ bộ phận này đến bộ phận khác của công trình. Độ lớn của cột nước tác dụng tăng lên rất nhanh trong khoảng thời gian ngắn từ 0 đến trị số tính toán lớn nhất, hoặc giảm từ trị số lớn nhất về 0. Vì thế trong âu tàu không những xét hiện tượng thấm trong điều kiện chảy ổn định mà còn xét cả trong điều kiện chảy không ổn định.

Sơ đồ thấm khi âu tàu làm việc phụ thuộc vào kết cấu buồng âu (đáy phân ly hay liên kết), phụ thuộc vào vị trí bố trí âu trong đầu mối công trình thủy lợi (nhô về phía thượng lưu hay hạ lưu).

Khi buồng ôu kiểu đáy không thấm đặt ở hạ lưu đầu mỗi công trình thủy lợi thì dưới đáy ôu có dòng chảy có áp, mặt bên có dòng thấm không áp vòng quanh công trình.

Áp lực đẩy nổi của dòng thấm làm tăng khả năng trôi đất vào buồng ôu, ngoài ra hiện tượng thấm còn làm hao tổn nước ở thượng lưu. Vì vậy phải tìm biện pháp hạn chế hiện tượng thấm.

### 3.3.3.3. Những biện pháp chống thấm:

#### \* Đóng cừ:

Khi nền đất đồng nhất, để kéo dài đường viền thấm, ta đóng những hàng cừ gỗ sâu 3-4m ở 3 đầu của đầu ôu

Khi nền đất không đồng nhất, phải đóng cừ tới lớp đất ít thấm.

#### \* Xây thiết bị thoát nước:

Để giảm áp lực thấm sau tường tác dụng lên tường ôu khi buồng ôu tháo nước xong, người ta thường xây mương hồ thoát nước hoặc thiết bị thoát nước này đặt giữa cao trình mực nước thượng lưu và hạ lưu.

- Trường hợp nền cát có tính thấm lớn, ta có thể làm đáy ôu có tính thấm một chiều, khi đó vị trí của thiết bị thoát nước sau tường cao hơn mực nước hạ lưu lớn nhất từ 1 ÷ 1,5m

- Để tránh nước ứ đọng, thiết bị thoát nước phải nghiêng về phía hạ lưu một độ dốc 1: 500 ÷ 1: 30.

- Ngoài 3 biện pháp trên, có thể làm sân phủ, xây chân khay, xây tầng lọc ngược.

<b>Chương 3</b> .....	<b>1</b>
3.1. Các kích thước của buồng ôu:.....	1
3.3. Một số dạng kết cấu buồng ôu. ....	3
3.3. Một số thiết bị, chi tiết phụ của buồng ôu: .....	13

Chương 4

## HỆ THỐNG CẤP THÁO NƯỚC VÀ TÍNH TOÁN THỦY LỰC KHI CẤP THÁO

### PHẦN A: HỆ THỐNG CẤP THÁO NƯỚC.

#### 4.1. Tính chất của hệ thống cấp tháo nước.

##### 4.1.1. Định nghĩa:

Hệ thống cấp tháo nước là tất cả những thiết bị và cấu tạo trong âu nhằm phục vụ cho việc cấp tháo nước buồng âu.

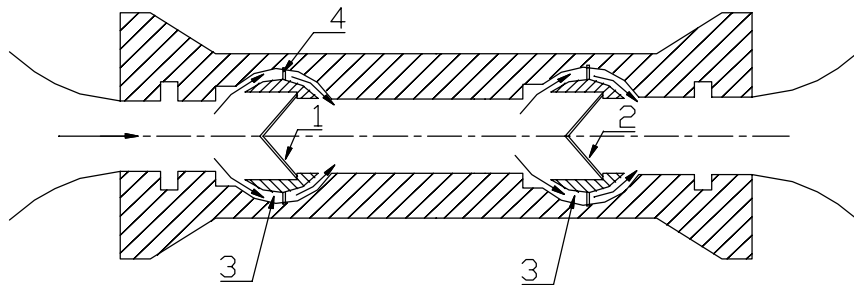
Người ta còn gọi hệ thống cấp tháo nước là hệ thống các ống dẫn nước.

##### 4.1.2. Phân loại:

Tùy theo cách bố trí các ống dẫn nước mà ta chia ra làm hai loại:

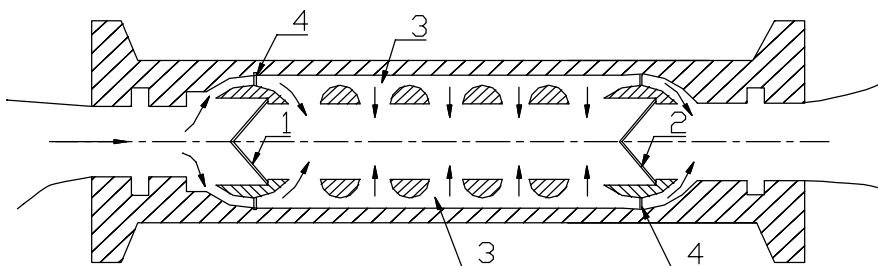
+ Hệ thống cấp tháo nước tập trung: việc cấp tháo nước thực hiện ở đầu âu.(Hình 4.1).

+ Hệ thống cấp tháo nước phân tán: việc cấp tháo nước được thực hiện trên toàn bộ chiều dài âu (hình 4.2).



Hình 4. 1: Hệ thống cấp tháo nước tập trung.

- 1- Cửa âu trên.      3- Ống dẫn nước  
2- Cửa âu dưới.      4-Van đóng mở.



Hình 4. 2: Hệ thống cấp tháo nước phân tán.

- 1- Cửa âu trên.      3-Ống dẫn nước.  
2- Cửa âu dưới.      4-Van cấp tháo.

Tùy theo kết cấu và cách bố trí của các ống dẫn nước mà trong 2 loại trên lại phân ra những loại khác nhau nữa.

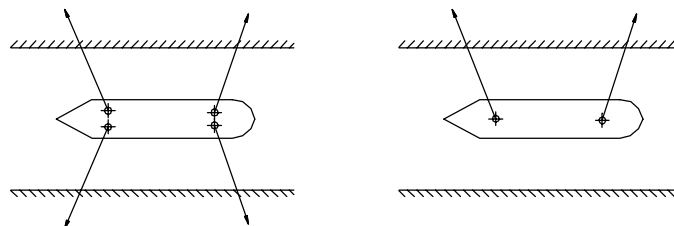
##### 4.1.3. Tính chất thủy lực của hệ thống cấp tháo nước.

Khi cấp tháo nước, mực nước trong buồng âu dâng lên dần dần hoặc thụt xuống dần. Lưu lượng dọc theo chiều dài buồng âu thì khác nhau, vận tốc dòng nước cũng khác nhau.

Lưu lượng chảy qua hệ thống cấp tháo nước cũng thay đổi dần, dòng nước chảy trong hệ thống cấp tháo nước là dòng chảy không đều, không ổn định, cộng với những hiện tượng thủy lực cục bộ gây nên một lực thủy động đối với tàu đỗ trong buồng âu và cả đối với tàu nằm trong kênh dắt tàu, vì vậy tàu đậu trong âu khi cấp tháo nước phải buộc vào các trụ buộc tàu cố định hoặc di động.

**Chú ý:**

- Khi cấp nước vào buồng âu phải cuộn ngắn dây buộc lại để tàu không bị lỏng quá mức.
- Khi tháo nước khỏi buồng âu phải nới dây để tàu khỏi bị treo lơ lửng, dây sẽ đứt do trọng lượng của tàu.
- Khi buộc tàu vào trụ di động, thì khi cấp tháo nước trụ tàu lên xuống theo mực nước, lúc đó tàu chỉ chịu lực ngang và một phần lực nghiêng.
- Tùy theo khoảng cách dự trữ giữa tường buồng âu và tàu ta có thể buộc tàu cả hai bên hoặc một bên (hình 4.3).



**Hình 4. 3: Buộc tàu vào trụ cố định.**

Tiêu chuẩn đánh giá về độ an toàn cho tàu bè qua âu, vận tốc hợp lý, phương pháp cấp tháo nước thích hợp chính là độ lớn của các lực nằm ngang tác dụng lên tàu. Các lực này được tạo lên do động năng của dòng nước cấp tháo, do sóng, do độ dốc mặt nước và các hiện tượng khác (nói chung là các hiện tượng thủy lực).

Các lực tác dụng vào tàu đỗ trong âu có thể phân chia thành hai thành phần:

- + Thành phần lực dọc: song song với trục âu.
- + Thành phần lực ngang: vuông góc với trục âu.

Do tác dụng của những thành phần lực này mà tàu nếu không được neo buộc cẩn thận sẽ bị lắc chuyển động, tàu có thể va vào tường buồng âu hoặc xô vào cửa âu, làm hỏng trang thiết bị cửa âu, thậm chí hỏng cả tàu. Để tránh được sự nguy hiểm này ta phải giới hạn sự chuyển dịch của tàu.

Khi đánh giá về độ an toàn của tàu bè qua âu người ta lấy thành phần lực dọc làm căn bản, bởi vì nó gây nên chuyển động theo hướng va vào tàu khác và va vào các trang thiết bị nhạy cảm nhất của âu (cửa), còn thành phần lực ngang thường được chặn lại bằng các kết cấu đệm chống va, nó ít gây ảnh hưởng đến sức căng của dây buộc tàu.

Khi cấp tháo nước buồng âu, chiều tác dụng của lực dọc cũng thay đổi nên tàu phải được neo buộc bằng 2 dây, một dây chống chuyển động về phía thượng lưu, một dây chống chuyển động về phía hạ lưu.

Mỗi một dây buộc tàu phải có khả năng chịu được lực tác dụng lớn nhất (vì tại một thời điểm nào đó, lực thủy động truyền tới 90% vào dây buộc tàu).

Độ lớn của lực kéo trong dây buộc tàu không chỉ phụ thuộc vào chế độ thủy lực khi cấp tháo nước, mà còn phụ thuộc vào phương pháp buộc tàu, kiểu thiết bị buộc tàu...

Do ảnh hưởng của lực quán tính tàu chuyển động, lực dọc ban đầu sẽ tăng lên và lực kéo trong dây buộc tàu cũng tăng theo.

Theo kết quả đo thực tế ở một số âu tàu (Tiệp Khắc, Liên Xô cũ) thì lực quán tính do chuyển động của tàu phát sinh là 20% và thường không vượt quá 30 ÷ 34% giá trị lực dọc ban đầu tác dụng lên tàu. Như vậy lực dọc lớn nhất là:

$$P' = 1,34P \quad (4-1).$$

Lực kéo trong dây buộc tàu luôn luôn lớn hơn lực dọc  $P'$  vì dây buộc tàu tạo với trục âu một góc  $\alpha$ :  $R = \frac{1,35P}{\cos \alpha}$ .

Góc  $\alpha$  có giá trị từ  $20 \div 40^\circ$ , vậy lực kéo lớn nhất trong dây buộc tàu là:

$$R_{\max} = \frac{1,35F}{\cos \alpha_{\max}} = \frac{1,35F}{\cos 40^\circ} = 1,75F \quad (4-2)$$

Khi đánh giá điều kiện an toàn cho tàu bè qua âu, trong thực tế có một quan điểm chung là giá trị lực kéo lớn nhất trong dây buộc tàu không được vượt quá giá trị cho phép  $R_{cf}$ .

$R_{cf}$  là hàm số của trọng tải tàu  $W$ . Quan hệ giữa  $R_{cf}$  và trọng tải tàu được biểu thị bằng phương trình:

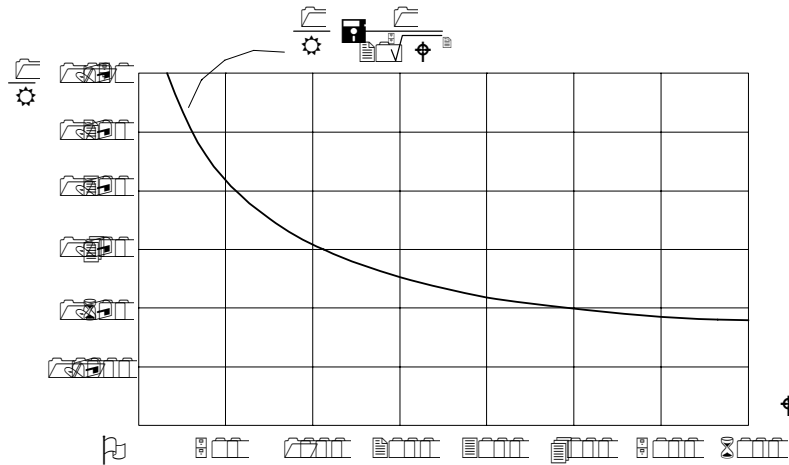
$$\frac{1}{R} = \frac{R_{cf}}{W} \rightarrow R_{cf} = \frac{W}{R} \quad (4-3)$$

Giá trị tuyệt đối của lực kéo cho phép  $R_{cf}$  trong dây buộc tàu sẽ lớn lên khi trọng tải của tàu lớn lên, nhưng giá trị tương đối  $\frac{R_{cf}}{W}$  thì ngược lại (sẽ bé đi). Quan hệ đó có thể biểu thị bằng công thức thực nghiệm.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20\sqrt{W^2}} = \left[ \frac{1}{n} \right] \quad (4-4)$$

$n$ : chỉ số của dây buộc tàu.

Quan hệ (4-4) được biểu diễn ở hình (4.4)



**Hình 4. 4: Quan hệ**  $\frac{1}{R} \approx \frac{1}{20^5 \sqrt{W^2}}$

Dựa vào tài liệu thực đo ( N.A. Sêmanốp) đã tìm ra lực kéo trong dây buộc tàu là:

$$R = \alpha \sqrt[3]{W^2} \tag{4-4}$$

$\alpha$ : hệ số thay đổi với từng âu khác nhau:  $\alpha = 0,013 \div 0,031$ .

**4.1.4. Lực dọc P tác dụng lên tàu trong âu.**

Lực dọc P tác dụng lên tàu trong âu được xác định:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \tag{4-6}$$

**4.1.4.1. Thành phần P<sub>1</sub>:**

Thành phần P<sub>1</sub> có là do tác dụng của dòng nước: Dòng nước chảy vào âu theo hướng từ đầu tàu dọc thân tàu đến cuối tàu và dọc đáy tàu, thành phần này được tạo nên do lực cản đường dòng của tàu.

Sử dụng công thức Zvônchốp:

$$P_1 = k \cdot O_t \left( \frac{Q}{f_a - f_t} \right)^{1,83} + \varphi \cdot \delta \cdot f_t \cdot \frac{Q^2}{f_a^2} \tag{T} \tag{4-7}$$

Trong đó:

k: hệ số ma sát của nước với bề mặt tàu.

k = 0,17.10<sup>-3</sup> đối với tàu vỏ thép.

k = 0,24.10<sup>-3</sup> đối với tàu vỏ gỗ.

$\delta$ : hệ số chỗ đẩy của tàu

$\delta = 0,94$  đối với tàu chạy chậm.

$\delta = 0,60$  đối với tàu chạy nhanh.

$\varphi$ : hệ số lực cản hình dạng của tàu.

$\varphi = 8.10^{-3}$  tàu mũi tù.

$\varphi = 10,4.10^{-3}$  tàu mũi nhọn.



$f_t$ : diện tích mặt cắt ngang lớn nhất của tàu chìm trong nước ( $m^2$ )

$f_a$ : diện tích mặt cắt ngang đầy nước của âu ( $m^2$ ).

$Q$ : lưu lượng chảy đến tức thời vào buồng âu ( $m^3/s$ )

$O_t$ : diện tích bề mặt ướt của tàu ( $m^2$ ).

$$O_t = L_t (1,9.S + T.B_t)$$

+  $L_t, B_t$ : chiều dài, chiều rộng tàu (m).

+  $T$ : mớn nước tàu (m).

+  $S$ : độ chìm của tàu (theo phương dọc)

Giá trị  $P_{1max}$  đạt được khi có  $Q_{max}$  trong âu.

Khi tháo nước buồng âu thì thành phần  $P_1$  sẽ nhỏ hơn khi cấp nước, vì phương trình (3-8) sẽ mất đi thành phần thứ 2 (Lực cản trở hình dạng tàu).

$$P_1^t = k.O_t \left( \frac{Q}{f_a - f_t} \right)^{1,83} \quad (4-8)$$

#### 4.1.4.2. Thành phần $P_2$ :

Thành phần lực dọc  $P_2$  được tạo nên do độ dốc mặt nước trong âu. Độ dốc mặt nước xuất hiện do các nguyên nhân khác nhau. Khi dòng nước chảy đều vào âu (trong một khoảng thời gian nhất định) do kết quả của sự thay đổi động năng thành thế năng đã tạo thành độ dốc mặt nước (tại cuối buồng âu mực nước cao hơn ở đầu buồng âu -nơi nước chảy vào).

Thành phần lực dọc  $P_2$  được xác định theo công thức:

$$P_2 = W.I \quad (T) \quad (4-9)$$

Trong đó:

$W$ : trọng tải tàu (T).

$I = \frac{\Delta h}{L_b}$ : Độ dốc mặt nước trong âu.

Độ chênh lệch mực nước  $\Delta h$  tại đầu và cuối buồng âu với phương pháp cấp nước trực tiếp ta tính gần đúng như là chiều cao vận tốc  $\Delta h = \frac{V_1^2}{2g}$  tại đầu âu. Còn ở cuối buồng âu vận tốc dòng nước bằng không và động năng cũng giảm đến giá trị không.

Thành phần lực dọc  $P_2$  tác dụng ngược chiều so với  $P_1$ ,  $P_2$  đạt giá trị max khi có năng lượng đường dòng  $E_{max}$  chảy vào âu ( Không trùng với  $Q_{max}$ ).

#### 4.1.4.3. Thành phần $P_3$ :

Khi cấp tháo nước âu tàu, tại kênh dặt tàu thượng, hạ lưu sẽ xuất hiện các sóng (tạo nên do sự thay đổi lưu tốc tức thời). Ở đây ta chỉ giới hạn xét sóng trong âu vì nó nguy hiểm hơn nhiều so với sóng trong kênh dặt tàu.

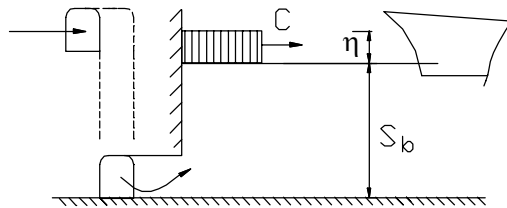
Để tính được sóng trong âu tàu ta chỉ xét trường hợp nước chảy vào (hoặc chảy ra) được tập trung tại một đầu âu. Mỗi một khi lưu tốc thay đổi sẽ sinh ra sóng, sóng này sẽ

chuyển động từ một đầu (mà tại đó nước chảy vào hoặc chảy ra) đến đầu kia, tại đây sóng đập vào cửa và quay trở lại.

Như vậy là khối nước trong âu trong thời gian cấp thoát nước sẽ luôn xô dịch, những tổn thất do ma sát và xoáy nước rất nhỏ nên được bỏ qua, do có tàu trong âu nên nó có tác dụng phá sóng, trong âu sẽ xảy ra một tình trạng rất phức tạp của dòng chảy, các đại lượng gây nên tình trạng phức tạp đó phụ thuộc vào vị trí của tàu trong âu, diện tích tàu chiếm chỗ...

Các hiện tượng sóng trong âu khi có tàu mới được thử nghiệm rất ít, bởi vậy phép tính lực dọc dụng lên tàu chỉ là gần đúng.

**a. Thành phần  $P_3$  khi mở van cấp thoát đột ngột.**



**Hình 4. 5: Sự xuất hiện sóng khi mở van đột ngột.**

Khi mở van đột ngột, lưu lượng dòng nước tập trung chảy vào âu sẽ nhanh chóng tăng từ giá trị  $Q = 0$  đến  $Q_{max}$ .

Trong âu sẽ xuất hiện sóng có chiều cao  $\eta$ :

$$\eta = \frac{Q_{max}}{B_b \cdot c} \tag{4-10}$$

Vận tốc truyền sóng  $c$  xác định từ phương trình Lagrange:

$$C = \sqrt{g \cdot S_b} \pm v \tag{4-11}$$

Trong đó:

$B_b$ : chiều rộng buồng âu (m)

$S_b$ : độ sâu buồng âu (m)

$v$ : vận tốc trung bình của dòng nước trong âu khi tạo thành sóng (m/s).

$g$ : gia tốc trọng trường (m/s).

Nếu thay  $Q_{max} = \mu_s \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH}$ , chiều cao sóng đầu tiên sẽ là:

$$\eta = \frac{\mu_s \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH}}{B_b \cdot \sqrt{g \cdot S_b}} = \frac{\mu_s \cdot \omega \cdot \sqrt{2H}}{B_b \cdot \sqrt{S_b}} \tag{4-12}$$

Khi sóng đầu tiên đập vào mũi tàu, một phần bật trở lại và do vậy tạo nên sự nâng cao thêm sóng truyền dọc theo tàu thành giá trị mới  $\eta'$ :

$$\eta' = m \cdot \eta \tag{4-13}$$

Giá trị gần đúng  $m$  tính theo công thức:

$$m = \frac{2}{1 + \sqrt{1 - \frac{f_t}{f_a}}} \quad (4-14)$$

Vận tốc truyền sóng dọc tàu được xác định bằng biểu thức:

$$c' = \sqrt{g \cdot h_{\text{ảo}}} \quad (4-14)$$

$$h_{\text{ảo}} = \frac{f_a - f_t}{B_b - B_t} - \text{Độ sâu ảo của nước tại đoạn tàu đỗ.}$$

Thành phần lực dọc  $P_3$  được tạo nên do tác động của sóng là:

$$P_3 = \psi \cdot B_t \cdot S_t \cdot m \cdot \eta = \frac{2B_t \cdot S_t}{1 + \sqrt{1 + \frac{f_t}{f_a}}} \cdot \frac{\mu_s \cdot \omega}{B_b} \sqrt{\frac{2H}{S_b}} \quad (4-16)$$

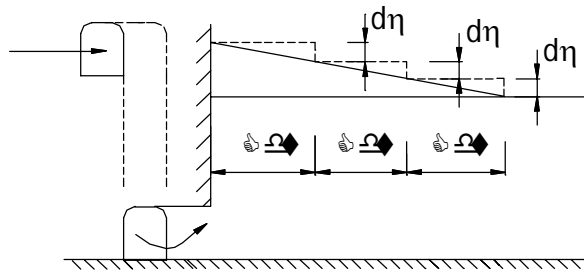
Trong đó:

$S_t$ : diện tích vỏ tàu chìm.

$\psi$ : độ chìm của khung chính tàu, thường lấy = 1.

**b. Thành phần lực dọc  $P_3$  khi mở van liên tục đều.**

Khi mở van liên tục thì ta có thể coi sự thay đổi từ từ của dòng nước chảy vào âu như là hàng loạt sự thay đổi của các phần tử  $dQ$  nối tiếp nhau, mà từ đó nó tạo nên các phần tử sóng có chiều cao  $d\eta$ .



**Hình 4. 6: Sóng khi cấp nước với độ dốc dọc.**

Bằng cách nối các phần tử sóng lại ta có sóng với độ dốc dọc  $I$  được xác định từ phương trình:

$$I = \frac{d\eta}{c \cdot d_t} = \frac{d_o}{B_b \cdot \sqrt{g \cdot S_b} \cdot \sqrt{g \cdot S_b} \cdot d_t} = \frac{1}{g \cdot f_a} \cdot \frac{d_o}{d_t} \quad (4-17)$$

Ở đây:

$$f_a = B_b \cdot S_b.$$

$$\eta = \frac{Q}{B_b \cdot c} = \frac{Q}{B_b \cdot \sqrt{g \cdot S_b}}$$

Độ dốc dọc  $I'$  của sóng dọc theo tàu có xét tới sự thay đổi vận tốc truyền của sóng là:

$$I' = \frac{1}{g(f_a - f_t)} \cdot \frac{dQ}{d_t} \quad (4-18)$$

Độ dốc dọc mặt nước  $I'$  sẽ lớn nhất tại thời điểm khi sóng bằng đầu đập vào cửa âu, bởi vì ở pha tiếp theo sóng đã va vào cửa âu độ dốc sẽ giảm dần.

Thành phần  $\frac{dQ}{dt}$  (Độ tăng lưu lượng trong buồng âu) sẽ ảnh hưởng đến độ dốc  $I'$ . Ngoài ra thành phần  $(f_a - f_t)$  cũng ảnh hưởng đến  $I'$ . Giá trị  $(f_a - f_t)$  nhỏ nhất khi nước trong buồng âu ít nhất, tức là lúc bắt đầu cấp nước - khi có  $\frac{dQ}{dt}^{\max}$ . Lúc đó  $I'$  đạt giá trị max.

$$I'_{\max} = \frac{1}{g(f_a - f_t)} \left( \frac{dQ}{dt} \right)_{\max} \quad (4-19)$$

Thành phần lực dọc  $P_3$  sẽ là:

$$P_3^{\max} = W \cdot I'_{\max} \quad (4-20)$$

**c. Thành phần lực dọc  $P_3$  khi cấp tháo nước bằng hệ thống ống dẫn trung và dài:**

Khi cấp tháo nước buồng âu hệ thống ống dẫn trung hoặc dài thì dòng nước vào âu sẽ phân bố dọc theo chiều dài buồng âu. Nếu bố trí đúng kỹ thuật các cửa ra (để đường dòng phân chia đều) thì lực dọc tác dụng lên tàu sẽ nhỏ. Độ lớn lực dọc  $P_3^{\max}$  sẽ bằng:

$$P_3^{\max} = \sum_{i=1}^m \left[ f_i \sqrt{2g \left( \frac{P_i}{\gamma} - h \right)} - f_m \sqrt{2g \left( \frac{P_m}{\gamma} - h \right)} \right] \cdot \frac{w}{g(f_a - f_t)} \quad (4-21)$$

Trong đó:

$P_i$ : áp suất dư trong ống dẫn tại cửa ra thứ  $i$ .

$f_i$ : diện tích cửa ra thứ  $i$ .

$P_m$ : áp suất dư tại đầu ống dẫn.

$f_m$ : diện tích cửa ở đầu ống dẫn.

Thành phần lớn nhất của lực dọc  $P$  là  $P_3$ , chiếm khoảng (80 ÷ 84%)  $P$ , khi đó các thành phần lực dọc không đạt giá trị cực đại cùng một lúc, thường thì  $P_1$  và  $P_2$  rất nhỏ và khi phân tích sự xuất hiện và tác động của chúng, người ta giả thiết chúng tác dụng ngược chiều nhau, triệt tiêu lẫn nhau, do đó:

$$P_{\max} = P_3^{\max} = W \cdot I'_{\max} = \frac{W}{g(f_a - f_t)} \left( \frac{dQ}{dt} \right)_{\max} \quad (4-22)$$

Độ lớn của từng thành phần lực dọc phụ thuộc vào:

- + Vận tốc và phương pháp cấp tháo nước.
- + Các kích thước buồng âu.
- + Tỷ lệ giữa các kích thước buồng âu và hình dáng tàu.

**Chú ý:**

- Lực dọc  $P$  sẽ nhỏ đi nếu dòng cấp tháo được phân bố đều theo chiều dài buồng âu.

- Lực dọc  $P_{max}$  khi đường dòng cấp tháo nước tập trung tại một đầu âu (trường hợp cấp tháo nước trực tiếp hoặc cống dẫn ngắn).

- Khi xác định độ lớn các thành phần lực  $P$  ta phải tính cho trường hợp bất lợi nhất.

#### 4.2. Những yêu cầu đối với hệ thống cấp tháo nước.

1- Phải đảm bảo cấp đầy và tháo cạn buồng âu trong thời gian qui định ứng với số lượng tàu qua âu.

2- Việc cấp và tháo nước phải tiến hành trong thời gian phù hợp với điều kiện đậu tàu và điều kiện đi lại của tàu trong buồng âu và trong kênh dắt tàu.

Để đảm bảo yêu cầu này thì  $R < R_{cf}$ .

Trong đó:

$R$ : lực kéo xuất hiện trong dây buộc tàu do tác động của lực thủy động  $P$ .

$R_{cf}$ : lực kéo cho phép của dây buộc tàu.

3- Lưu tốc dòng nước trong kênh dắt tàu cần hạn chế trong một phạm vi nhất định tùy theo công suất của tàu kéo và điều kiện luồng lạch để đảm bảo vận tải trên đườn dắt tàu thuận lợi.

Thông thường lưu tốc dòng nước nhỏ hơn vận tốc tàu chạy là (0,4 ÷ 0,5 m/s) thì lái tàu sẽ dễ dàng.

Ví dụ: tốc độ tàu chạy là 4 ÷ 5 km/h (1,1 ÷ 1,4 m/s) thì lưu tốc lớn nhất của dòng nước là 0,7 ÷ 1,0 m/s.

4- Khi tàu đậu trong âu phải giới hạn vận tốc lên xuống của mực nước trong buồng âu.

$$V_{lên, xuống} \leq 0.04 \div 0.06 \text{ m/s.}$$

Nếu không chú ý điều kiện này thì âu nhỏ dùng cột neo tàu cố định trên tường buồng âu, tàu có thể bị treo và dây neo đứt gây tai nạn cho tàu.

Chú ý: Ở những âu tàu lớn dùng trụ neo di động thì ta không cần xét đến điều kiện trên nữa.

5- Cần đảm bảo kết cấu của âu tàu không bị hư hỏng, đáy âu và đường dắt tàu không bị xói lở, cửa van không bị chấn động và xâm thực làm hỏng.

Để đảm bảo điều kiện trên yêu cầu vận tốc của dòng nước tháo ra không được lớn hơn vận tốc dòng nước cho phép không xói lở:  $V_t < V_{kx}$ .

Trị số  $V_{kx}$  được lấy theo bảng:

**Bảng 4.1: Vận tốc không xói**

Địa chất đáy	$V_{kx}$ (m/s)
- Cát rất nhỏ.	0,34 - 0,40
- Cát nhỏ.	0,40 ÷ 0,50
- Cát trung bình.	0,50 - 0,60
- Cát khô.	0,60 - 0,70
- Đá dăm nhỏ.	0,80 - 0,90

- Á sét yếu.	0,70 - 0,80
- Á sét chắc.	0,90 - 1,0
- Á sét nhẹ	0,7 - 0,80
- Á sét trung bình và chắc.	1,0 - 1,20
- Sét mềm.	0,7 - 0,80
- Sét trung bình.	1,20 - 1,40

Đối với đất sét chắc, đất nửa đá và đá vận tốc trung bình của dòng nước trong kênh đất tàu thường giới hạn không phải bởi điều kiện xói lở mà bởi điều kiện chuyển động của tàu trong đó.

Nói chung để đảm bảo những yêu cầu đối với hệ thống cấp thoát nước đã nêu trên cần có một số biện pháp sau:

- + Khi cấp thoát, nước phải được phân bố đều trên toàn bộ chiều dài, chiều rộng của buồng âu.
- + Dùng những cấu tạo tiêu năng để tiêu hao bớt năng lượng của dòng nước trước khi vào hoặc ra khỏi âu.
- + Khi mở van ống dẫn nước phải mở từ từ để mực nước tăng lên hoặc rút xuống dần dần.

### 4.3. Hệ thống cấp thoát nước tập trung.

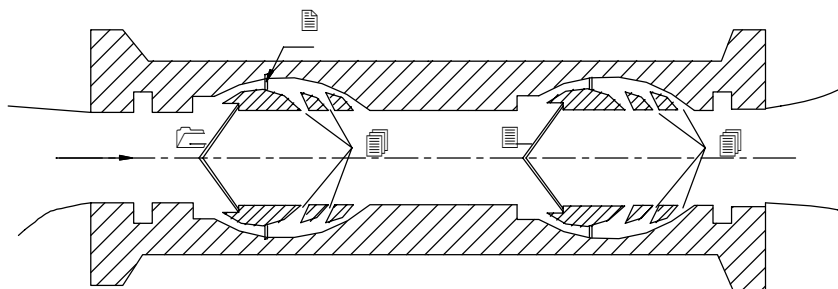
Hệ thống cấp thoát nước tập trung còn được gọi là hệ thống cấp thoát nước đầu âu, hệ thống này đặc trưng ở chỗ nước vào buồng âu và ra khỏi buồng âu được thực hiện ở đầu âu với các hình thức khác nhau như:

- + Cấp thoát nước qua lỗ trên cửa âu.
- + Qua công ngăn đi vòng qua cửa âu.
- + Qua công ngầm dưới cửa âu.
- + Qua khe dưới cửa âu.

#### 4.3.1. Hệ thống cấp thoát nước bằng công dẫn.

##### 4.3.1.1. Loại có công dẫn nằm trong mặt phẳng ngang.

Loại này được sử dụng rất rộng rãi, nhất là theo đà phát triển của loại âu tàu đá và bê tông. Công dẫn ngăn được vòng qua cửa âu xuyên qua tường âu, cửa ra có thể có một cửa (hình 4.1) hay nhiều cửa (hình 4.7). Nói chung loại này thường được xây dựng với âu tàu có cột nước nhỏ  $H \leq 4m$ .



**Hình 4. 7: Công dẫn nước trong mặt phẳng ngang.**

1- Cửa âu trên.      3-Cửa âu dưới.

2- Van cấp tháo. 4-Cửa ra.

Thông thường ở đầu âu dưới người ta làm những cống dẫn đi vòng có tiết diện thay đổi để tránh tổn thất cục bộ lớn. Tại vị trí đặt van tiết diện cống dẫn là  $\omega_r$ .

$$\omega_r = (1,4 \div 1,8) \omega \quad (4-23)$$

Để tránh xâm thực, cửa cống dẫn nên đặt dưới mực nước vận tải từ 0,3 ÷ 0,74m và cửa ra nên đặt thấp hơn cửa vào.

**\* Ưu điểm:**

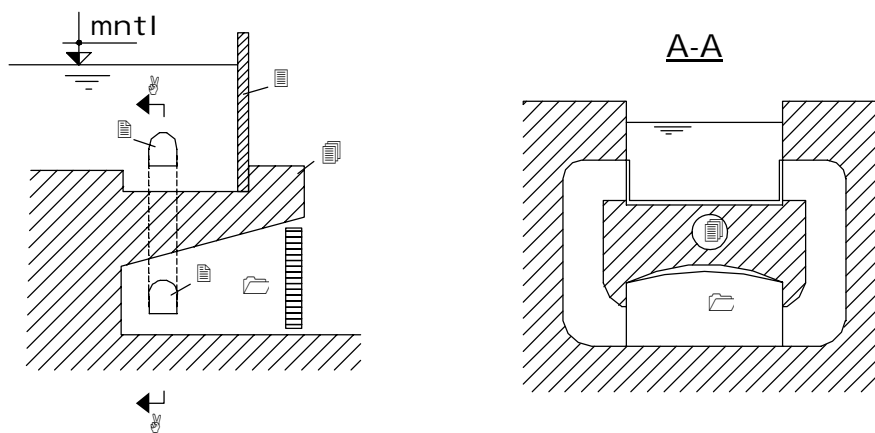
- Lợi dụng được 2 dòng chảy đối lưu để tiêu năng.
- Thi công đơn giản, nhanh chóng.

**\* Nhược điểm:**

- Dòng nước chảy ra mạnh dễ ảnh hưởng đến điều kiện đậu tàu.
- Ở cửa ra lưu tốc lớn và phân bố không đều hình thành dòng chảy xoáy trong thân âu.
- Tường đầu âu dày.

**4.3.1.2. Loại có cống dẫn nằm trong mặt phẳng đứng.**

Loại này còn được gọi là cấp tháo nước qua tường vây (hình 4.8). Tường vây là tường xây ở đầu âu trên để giảm độ cao của cửa âu, các âu tàu hiện đại thường dùng kiểu kết cấu này.



**Hình 4. 8: Cấp tháo nước qua tường vây.**

- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| 1- Buồng tiêu năng. | 3-Cửa âu.    |
| 2- Cống dẫn nước.   | 4-Tường vây. |

**\* Ưu điểm:**

- Tiêu năng tốt.
- Bố trí các thiết bị ở đầu âu thuận tiện hợp lý.

Loại kết cấu này thường được xây dựng ở những âu tàu có mực nước lớn. Nếu buồng tiêu năng không đủ ta làm thêm những thiết bị tiêu năng khác (thanh tiêu năng, lưới tiêu năng, ngưỡng tiêu năng).

**4.3.2. Cấp nước bằng lỗ qua cửa.**

#### 4.3.2.1. Loại đơn giản:

Loại đơn giản của hệ thống cấp thoát nước bằng lỗ qua cửa bắt đầu dùng khi xây dựng những âu tàu đầu tiên vào nửa sau thế kỷ XV và được phát triển rộng rãi ở Nga với âu tàu có cột nước H nhỏ vào thế kỷ XVIII.

Ở những âu này việc làm đầy và tháo cạn buồng âu được tiến hành qua lỗ ở cửa có van điều tiết.

Cửa van có thể bố trí thành hàng ngang, số lượng nhiều hay ít, kích thước lớn hay nhỏ tùy theo nhu cầu cấp thoát nước.

Cửa van có thể là cửa phẳng, cửa quay theo trục đứng, trục ngang hay kéo lên. Cửa van được mở bằng cách đứng trên cầu công tác trên đỉnh cửa âu rồi dùng cần kéo lên (loại này đã được áp dụng ở âu Cổ Am - Nam Hà)

Để tránh bị chấn động, cửa van cần được đặt thấp hơn mực nước hạ lưu.

Loại kết cấu này có các ưu điểm sau:

**\* Ưu điểm:**

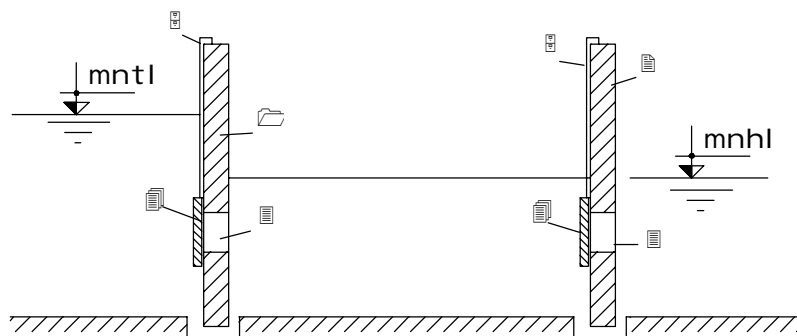
- Kết cấu đơn giản, giá thành hạ.
- Tường đầu âu mỏng, thích hợp với đầu âu kết cấu bằng gỗ.

**\* Nhược điểm:**

- Dòng nước cấp thoát chảy mạnh nên ảnh hưởng đến kết cấu của âu tàu và tàu bè đậu trong âu.

Nhược điểm này có thể khắc phục bằng cách mở cửa van từ từ hoặc làm thiết bị tiêu năng.

Hiện nay loại kết cấu này chỉ dùng ở âu tàu có cột nước  $H < 3,4m$  và làm nhiệm vụ hỗ trợ trong những âu lớn.



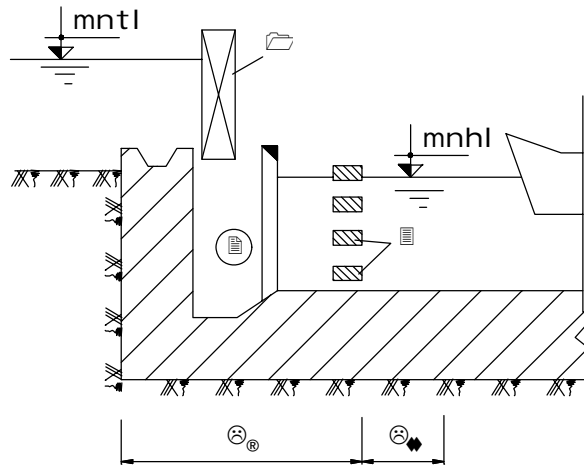
**Hình 4. 9: Cấp thoát nước bằng lỗ đơn giản.**

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1- Cửa âu trên. | 3-Lỗ cấp thoát. | 4-Cần công tác. |
| 2- Cửa âu dưới. | 4-Cửa van.      |                 |

#### 4.3.2.2. Loại có cấu tạo tiêu năng.

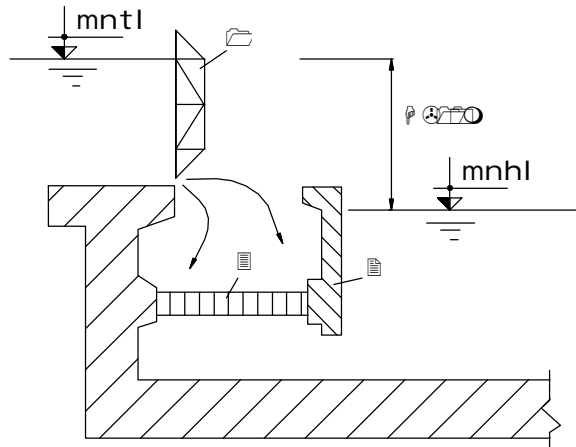
Với đầu âu trên thường dùng các kiểu sau (xem các hình 4.10, 4.11). Các kiểu kết cấu này có ưu điểm là tiêu năng tốt và được xây dựng ở những âu tàu có cột nước  $H > 10m$ .





**Hình 4. 10: Đầu âu dùng buồng và thanh tiêu năng.**

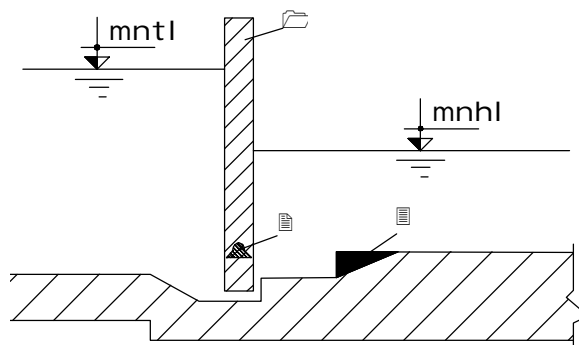
- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1- Cửa âu.          | 4-Tàu đệm trong âu.                      |
| 2- Buồng tiêu năng. | $L_d$ : Chiều dài đầu âu.                |
| 3- Thanh tiêu năng. | $L_{tt}$ : Chiều dài đoạn nước trấn tĩnh |



**Hình 4. 11: Đầu âu dùng tường và lưới tiêu năng**

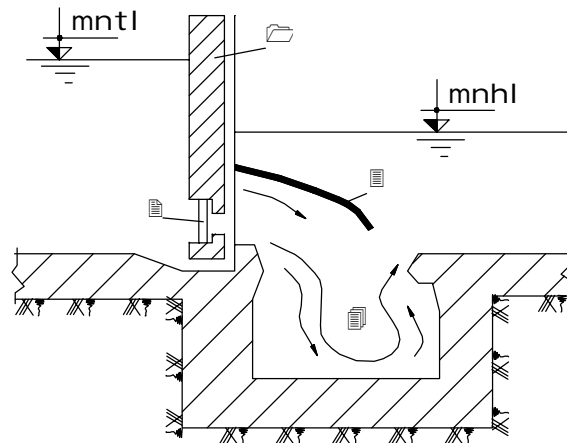
- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 1- Cửa âu.          | 3-Lưới tiêu năng. |
| 2- Tường tiêu năng. |                   |

Với đầu âu dưới ta không bố trí được những thiết bị tiêu năng như trên vì sẽ vướng tàu chạy mà ta chỉ xây ngưỡng tiêu năng (hình 4.12) hoặc xây buồng tiêu năng với thanh tiêu năng cong (hình 4.13).



**Hình 4. 12: Hệ thống cấp thoát nước có ngưỡng tiêu năng.**

- 1- Cửa âu dưới.      3-Ngưỡng tiêu năng có răng.  
 2- Van điều tiết.



**Hình 4. 13: Hệ thống cấp tháo nước với thanh tiêu năng cong.**

- 1- Cửa âu dưới.      3-Thanh tiêu năng cong.  
 2- Van điều tiết.      4-Buồng tiêu năng.

#### 4.4. Hệ thống cấp tháo nước phân tán.

Hệ thống cấp tháo nước phân tán là hệ thống cấp tháo nước qua các công ngầm dọc theo tường hay đáy thân âu.

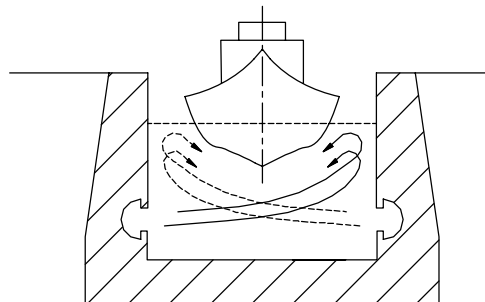
Hệ thống cấp tháo nước phân tán được xây dựng khi cột nước chênh lệch  $H > 12m$ .

Sự khác nhau cơ bản về kết cấu giữa hệ thống cấp tháo nước tập trung và phân tán là ở hệ thống cấp tháo nước phân tán, công dẫn nước được bố trí trong tường hoặc đáy buồng âu.

Sự khác nhau cơ bản về thủy lực giữa hệ thống cấp tháo nước tập trung và phân tán là biện pháp cấp tháo nước.

**\* Ưu điểm:**

- Nước trong âu ổn định, điều kiện đậu tàu tốt (vì dòng nước chảy ra khỏi cống dẫn ở hai tường buồng âu sẽ lệch nhau hướng vào tường đối diện, mặt nước trong âu sẽ có hình lõm do vậy các lực ngang tác dụng lên tàu nhỏ) (Hình 4.14).



**Hình 4. 14: Hướng của dòng nước cấp tháo khi ra khỏi cửa cống dẫn.**

**\* Nhược điểm:**

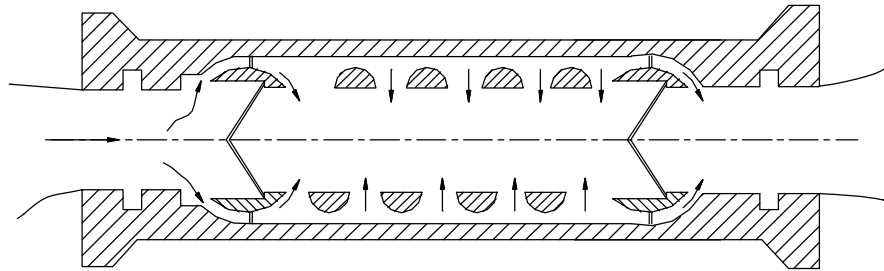
- Cấu tạo cống dọc phức tạp, thi công khó.

- Giá thành xây dựng cao.

Dưới đây ta xét một số cách bố trí công dẫn nước của hệ thống cấp thoát nước phân tán.

#### 4.4.1 Bố trí công dẫn nước trong tường âu:

Loại kết cấu này có công dẫn nằm trong tường dọc suốt thân âu và những công ngăn chạy vào buồng âu. Bố trí kiểu này sẽ làm cho nước phân bố đều hơn suốt dọc thân âu. Điều quan trọng là bố trí sao cho các công ngăn so le nhau.



**Hình 4.15: Bố trí công dẫn dài trong tường buồng âu.**

Thông thường ở hệ thống cấp thoát nước phân tán công dẫn dài có tiết diện không đổi trên suốt chiều dài buồng âu vì không chỉ phục vụ riêng việc cấp mà cả thoát nước.

Để đảm bảo cho sự phân chia đều dòng nước dọc theo chiều dài buồng âu khi cấp nước thì yêu cầu khi thiết kế là:

- + Các cửa ra có tiết diện bé dần đều đặn theo dòng nước.
- + Nếu các cửa ra có tiết diện không đổi thì phải tăng dần khoảng cách giữa các cửa ra.

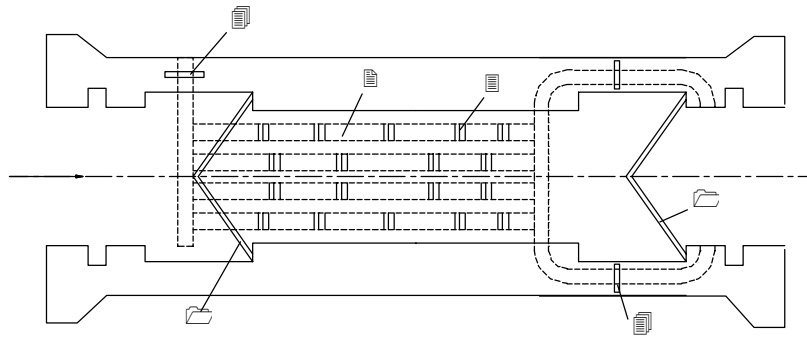
Nếu vận tốc cấp thoát nước càng lớn thì sự chênh lệch áp suất thủy lực giữa 2 đầu công dẫn càng lớn. Để cho các kích thước ngang của công dẫn nhỏ nhất (độ yếu của tường nhỏ nhất) ta chọn vận tốc dòng nước trong công dẫn lớn nhất. Vận tốc đó không được lớn hơn 8m/s, nếu lớn hơn công dẫn phải được trát gia cố bề mặt.

Nhược điểm lớn của hệ thống cấp thoát nước này là nếu một bên công hỏng (nghẹt van, van bị hỏng, công bị hỏng...) thì chỉ một bên làm việc, khi đó tàu đỗ trong âu sẽ bị dạt sang một bên.

#### 4.4.2. Bố trí công dẫn nước ở đáy âu.

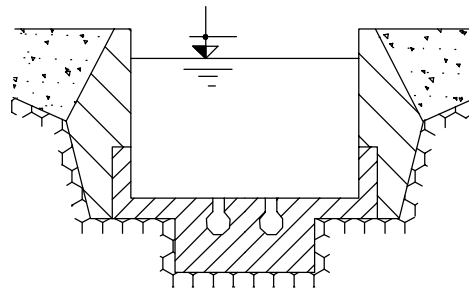
Loại này công dẫn nước xây dọc đáy âu và được đậy bằng những tấm bê tông có bố trí cửa ra.

Kết cấu này trước đây chỉ xây dựng trên nền đá, thời gian gần đây người ta xây dựng cả trên nền đất.



**Hình 4. 16: Bố trí công dẫn nước ở đáy âu.**

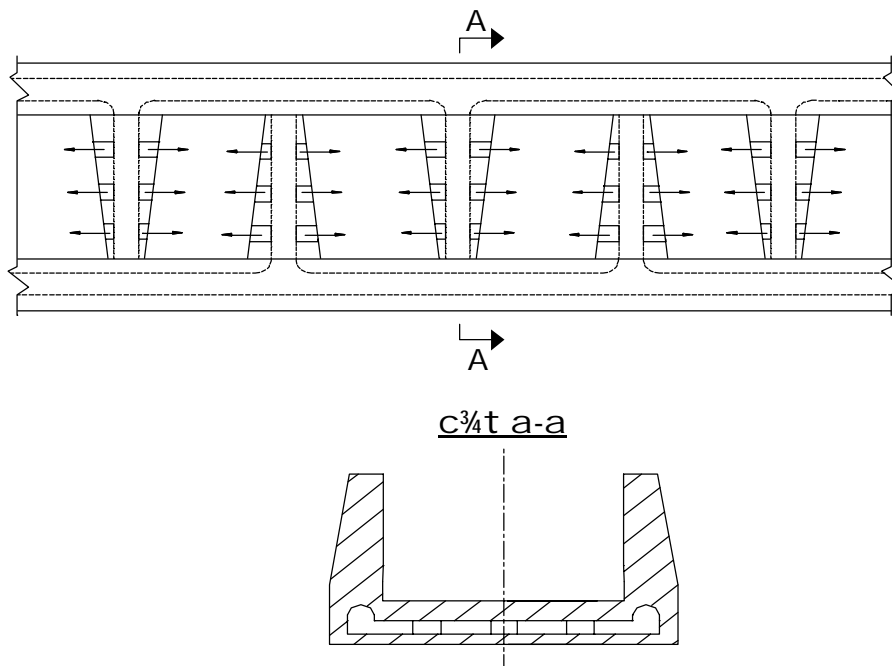
- 1- Cửa âu.
- 2- Công dẫn dọc dưới đáy âu.
- 3-Cửa ra.
- 4-Van điều tiết.



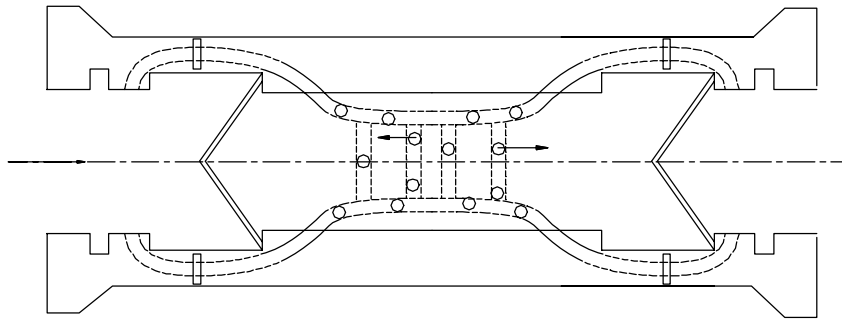
**Hình 4. 17: Mặt cắt ngang âu tàu xây trên nền đá và bố trí công dẫn ở đáy âu.**

Trong trường hợp chiều rộng buồng âu quá lớn ( $B_b > 24m$ ) thì yêu cầu đối với dòng chảy khi cấp nước không những chỉ phân bố đều theo chiều dài âu mà còn phải phân bố đều theo chiều rộng của âu.

Yêu cầu này có thể được giải quyết thỏa đáng bằng cách từ các công dẫn dài trong tường hoặc đáy âu ta bố trí các công dẫn ngang vuông góc với trục âu ở dưới đáy âu và có các cửa ra song song với trục âu (Hình 4.18, Hình 4.19).



**Hình 4. 18: Hệ thống công dẫn dọc và ngang trong tường và đáy âu.**



**Hình 4. 19: Cấp thoát nước với hệ thống công dẫn dọc và ngang ở đáy buồng âu.**

Nói chung bố trí công dẫn nước ở đáy âu có ưu điểm là dòng nước chảy tương đối đều, song cũng có nhược điểm là nước chảy trực tiếp từ đáy âu lên sẽ làm cho tàu lắc (trường hợp cửa ra hướng thẳng góc với đáy âu như trên hình vẽ 4.17, 4.19)

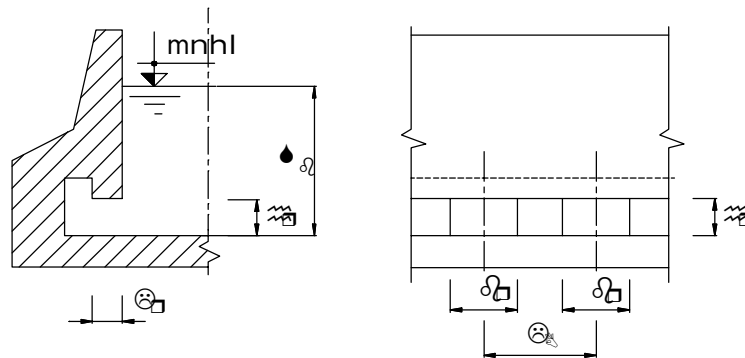
**4.4.3. Yêu cầu về cách bố trí cửa ra của công dẫn nước:**

Để cho lưu lượng của dòng nước cấp thoát phân bố đều tại các cửa ra suốt dọc buồng âu, dựa trên cơ sở tính toán và thí nghiệm, ta phải thiết kế cửa ra thay đổi theo chiều dài buồng âu (nếu cự ly giữa các cửa ra như nhau).

Trong thủy lực học chúng ta đã biết nước chảy càng xa thì càng yếu do tổn thất dọc đường và tổn thất cục bộ, do đó tại những cửa ra càng xa nước chảy càng yếu, ta phải mở rộng mặt cắt cửa ra.

Đối với cửa ra ở đáy có thể không thay đổi diện tích mặt cắt, mà thay đổi cự ly cửa ra theo chiều dài buồng âu.

**4.4.3.1. Cửa ra ở tường:**



**Hình 4. 20: Cửa ra công dẫn nước trong tường.**

Để đảm bảo nước chảy ngập, tránh chấn động, yêu cầu:

$$l_r \geq (3 \div 4) h_r \tag{4-24}$$

Trong đó:

$l_r$  - Chiều dài cửa ra.

$b_r$  - Bề rộng cửa ra.

$h_r$  - Chiều cao cửa ra.

Để tránh trường hợp mở van đột ngột nước đập vào đáy tàu, yêu cầu:

$$h_{max} \geq 0,09B_b - (S_b - T) \tag{4-24}$$

Trong đó:

$h_{\max}$  - Độ dâng mực nước trong buồng tại thời điểm  $Q = Q_{\max}$ .

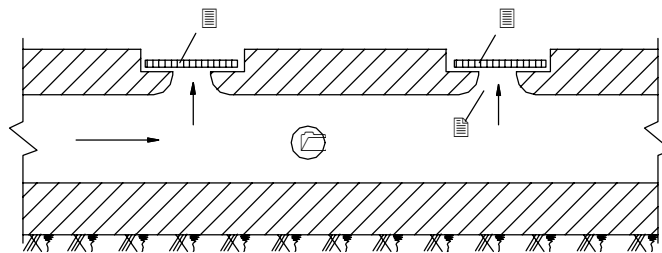
Để đảm bảo sự khuếch tán của dòng nước cấp tháo trước khi đối lưu (đảm bảo không dấy sóng) yêu cầu:

$$l_B \leq b_r + 0,17 B_b \quad (4-26)$$

Ở đây:  $l_B$  - Khoảng cách giữa các cửa ra.

#### 4.4.3.2. Cửa ra ở đáy:

Kinh nghiệm khai thác âu tàu cho thấy, dòng nước chảy ra ở đáy có thể làm hỏng vỏ tàu gỗ, hoặc làm cho tàu lắc. Vì vậy tại các cửa ra ở đáy phải được bố trí các tấm che để giảm bớt năng lượng của dòng nước cấp tháo (hình 4.21).



**Hình 4. 21: Cửa ra ở đáy với tấm che.**

1- Cống dẫn dọc.     3- Tấm che.

2- Cửa ra.

\* Các quy định trên đây được đưa ra dựa trên các nghiên cứu tính toán, thí nghiệm mô hình, nếu không thỏa mãn yêu cầu thì phải điều chỉnh thời gian mở van hoặc mở rộng mặt cắt cửa ra.

### 4.5. Phương pháp cấp tháo nước:

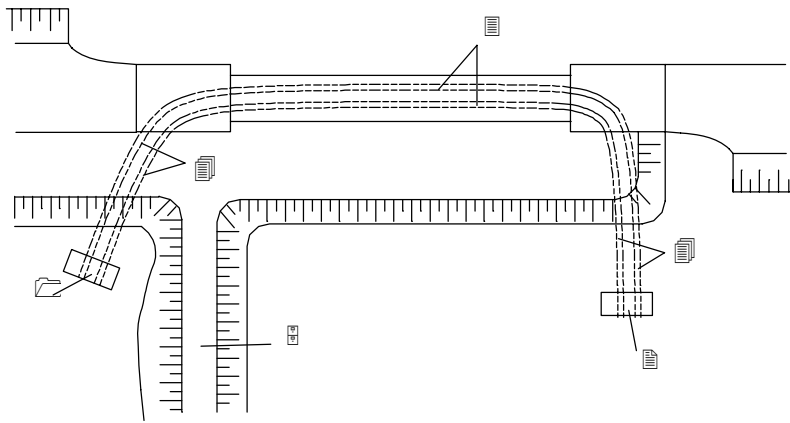
Hiện nay ở bất kỳ hệ thống cấp tháo nước nào người ta cũng ứng dụng phương pháp mở van cống dẫn nước liên tục dần dần để đảm bảo điều kiện đậu tàu.

Những nghiên cứu thực nghiệm chứng tỏ rằng việc mở van không liên tục điều kiện đậu tàu kém hơn so với cách mở liên tục cùng khoảng thời gian đó.

Người ta có thể mở van dần dần, liên tục với vận tốc đều hoặc không đều, nhưng thông dụng nhất là phương pháp mở đều van cống dẫn nước với một vận tốc cố định.

Việc chọn vận tốc và thời gian mở van cống dẫn nước được xác định chủ yếu bằng điều kiện đậu tàu. Vì vậy khi cột nước lớn muốn đảm bảo lưu tốc dòng nước trong lòng lạch bé, điều kiện đậu tàu tốt, thì dùng các biện pháp sau:

1. Kéo dài thời gian cấp tháo nước.
2. Xây hệ thống lấy nước bên cạnh âu, biện pháp này sẽ giảm được thời gian cấp tháo nước. Song có nhược điểm là kết cấu và thiết bị phức tạp sẽ làm giá thành xây dựng tăng (hình 4.22).
3. Có thể mở rộng mặt cắt kênh dặt tàu để giảm vận tốc dòng nước lúc cấp tháo nước, làm cho điều kiện đậu tàu được tốt.



**Hình 4. 22: Sơ đồ hệ thống cấp tháo nước bên cạnh âu.**

- 1- Công trình lấy nước
- 2- Công trình lấy nước
- 3- Cống dẫn dưới đáy buồng âu
- 4- Cống dẫn nước qua phần đáy của âu.
- 5- Đập đất

#### 4.6. Chọn hệ thống cấp tháo nước:

Hệ thống cấp tháo nước hợp lý nhất là hệ thống cấp tháo nước đảm bảo được thời gian cần thiết làm đầy và tháo cạn buồng âu với điều kiện đầu tàu tốt nhất, với giá thành xây dựng âu nhỏ nhất. Vì vậy khi chọn hệ thống cấp tháo nước ta phải dựa vào những điều kiện sau:

- + Thời gian cấp tháo nước đáp ứng được quy định về khả năng thông qua của âu tàu.
- + Đảm bảo an toàn cho tàu bè đậu trong âu và trong kênh dặt tàu.
- + Kết cấu chung của đầu âu và quy mô của âu tàu như  $H$ ,  $L_b$ ,  $B_b$ .
- + Khả năng và thiết bị thi công.
- + Giá thành xây dựng.

Theo ý kiến của nhà khoa học Nga Mikhailốp thì:

- +  $H < 7m$ : Xây dựng hệ thống cấp tháo nước tập trung sẽ rẻ hơn.
- +  $H > 14m$ : Xây dựng hệ thống cấp tháo nước phân tán sẽ rẻ hơn.
- +  $7 < H < 14m$ : Giá thành xây dựng hệ thống cấp tháo nước tập trung và phân tán như nhau.

Hiện nay ở Liên Bang Nga, Cục quản lý đường sông quy định như sau:

- Khi  $H > 14m$ : Xây dựng hệ thống cấp tháo nước phân tán
- Khi  $H < 10m$ : Xây dựng hệ thống cấp tháo nước tập trung.
- $10 < H < 14m$ : Phải so sánh về kinh tế kỹ thuật 2 hệ thống cấp tháo nước phân tán và tập trung để chọn phương án hợp lý.

Ngoài cột nước  $H$ , khi so sánh lựa chọn hệ thống cấp tháo nước ta còn phải chú ý đến lưu lượng trung bình của dòng nước cấp tháo ( $Q_{tb}$ ), đồng thời phải xét đến năng lượng trung bình của dòng nước cấp tháo ( $e_{tb}$ ):

$$Q_{tb} = \frac{V}{T} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$e_{tb} = \gamma \cdot Q_{tb} \cdot H_{tb} \quad (\text{kW}) \quad (\text{Gần đúng}) \quad (4-27)$$

Khi  $Q_{TB}$  và  $e_{TB}$  tương đối lớn thì phải dùng hệ thống cấp nước phân tán.

Theo Mikhailốp khi  $\begin{cases} Q_{tb} > 300\text{m}^3 / \text{s} \\ e_{tb} > 20.0000\text{kW} \end{cases}$  thì phải xây dựng hệ thống cấp thoát nước phân tán.

Ghi chú: Trong công thức (3.29)

$Q_{tb}$  là lưu lượng trung bình của dòng nước.

T - Thời gian cấp thoát nước (giây)

V- lượng nước cấp thoát ( $\text{m}^3$ )



## PHẦN B: TÍNH TOÁN THỦY LỰC

### 4.7. Khái niệm chung về tính toán thủy lực.

#### 4.7.1. Các hiện tượng thủy lực xảy ra khi cấp tháo nước:

- Khi cấp tháo nước dòng chảy gây ra một lực thủy động đối với tàu đậu trong buồng âu và trong kênh dẫn tàu, lực đó truyền vào dây buộc tàu, nếu lực kéo trong dây buộc tàu  $R > R_{cf}$  dây sẽ đứt, rất nguy hiểm.

- Khi cấp tháo nước ở kênh dẫn tàu sẽ có một lưu lượng dòng chảy lớn, vận tốc dòng nước mạnh sẽ gây xói lở ở hạ lưu.

- Dòng nước chảy trong cống dẫn có thể gây ra những hiện tượng chấn động hoặc xâm thực.

Để khắc phục những hiện tượng bất lợi trên, nhằm làm cho âu và các thiết bị làm việc tốt, tàu bè qua âu an toàn và thuận lợi, ta phải tính toán thủy lực âu tàu.

#### 4.7.2. Mục đích tính toán thủy lực:

Việc tính toán thủy lực âu tàu nhằm những mục đích sau:

- Xác định kích thước của cống dẫn nước phù hợp với thời gian cấp tháo nước (theo yêu cầu khai thác và điều kiện kỹ thuật).

- Định kích thước của thiết bị tiêu năng.

- Định ra tốc độ mở van cống dẫn nước.

- Định được vị trí đặt van dẫn nước.

Phương pháp thông thường là định ra phương án trước (như định ra kích thước cống dẫn nước, kiểu cửa van, phương pháp và thời gian đóng mở cửa van...) rồi kiểm nghiệm lại điều kiện đậu tàu và hiện tượng thủy lực phía sau cửa van.

Phương pháp khác là có thể định ra các kết cấu có quan hệ như thiết bị tiêu năng (buồng tiêu năng, thanh tiêu năng...) rồi dùng thí nghiệm mô hình để kiểm nghiệm. Căn cứ vào điều kiện đậu tàu cho phép để tìm ra mặt cắt cống dẫn nước, kiểu cửa van và tính toán thời gian đóng mở van.

### 4.8. Phương trình cơ bản của chuyển động nước trong hệ thống cấp tháo nước âu tàu.

Chuyển động nước trong hệ thống cấp tháo nước âu tàu là một chuyển động không ổn định (các yếu tố thủy lực như vận tốc  $v$ , áp suất  $p$  thay đổi theo thời gian) và là chuyển động không đều (các yếu tố thủy lực thay đổi theo chiều dài dòng chảy). Nhưng để đơn giản bài toán người ta coi dòng chảy là ổn định.

$$\text{Từ phương trình Bécnuily: } z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + h_c + h_d$$

Giả sử có một cống dẫn nước vòng qua tường với tiết diện thay đổi (hình 4.23). Ta áp dụng phương trình Bécnuily cho 2 mặt cắt 1-1 và 2-2 ta có: (mặt chuẩn nằm ngang 0-0 đi qua mặt phẳng chứa trục cống dẫn nước):

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{v_i^2}{2g} + \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m l_i \frac{dv_i}{dt} \quad (4-28)$$

Trong đó:

$z_1, z_2$ : độ cao hình học của mặt cắt 1-1 và 2-2 (độ cao từ mặt nước đến mặt phẳng chuẩn nằm ngang)

$P_1, P_2$ : áp suất tại mặt nước 1-1 và 2-2 (= Pa)

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$ : độ cao áp suất (cột nước áp lực)

$v_1, v_2$ : lưu tốc ở mặt nước do mực nước thay đổi sinh ra.

$\alpha \frac{v_1^2}{2g}; \alpha \frac{v_2^2}{2g}$ : cột nước lưu tốc

$\alpha$ - hệ số hiệu chỉnh động năng (còn gọi là hệ số cột nước lưu tốc)

$\alpha = 2$ : Nếu vận tốc phân bố theo quy luật Parabol (trạng thái chảy tầng)

$\alpha = 1,01 \div 1,10$ : Nếu vận tốc phân bố theo quy luật lôgarit (chảy rối)

$\alpha = 1,0$ : Dòng rối có kích thước bé

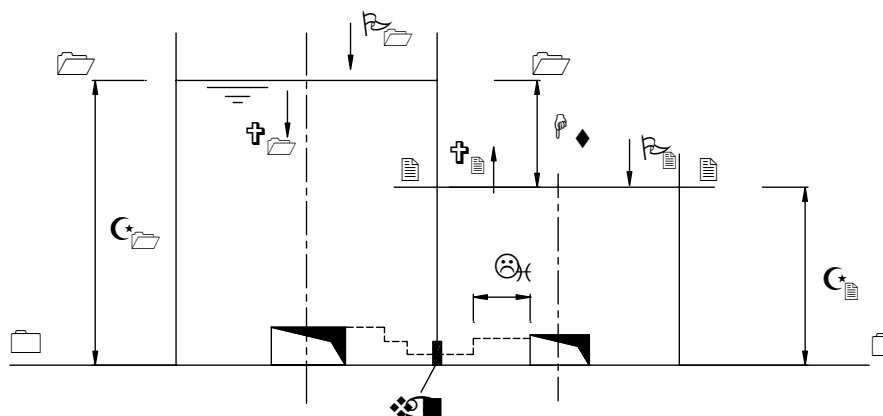
$\alpha = 1,04 \div 1,10$ : Khi nước chảy trong ống, kênh hoặc máng.

$\xi_i$ - Hệ số sức cản của đoạn thứ  $i$  trong công dẫn (trong đoạn này độ nhám và tiết diện như nhau)

$$h_c = \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{v_i^2}{2g} : \text{Tổng tổn thất cục bộ}$$

$$h_d = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m l_i \frac{dv_i}{dt} : \text{Tổng tổn thất dọc đường}$$

$v_i$ - Lưu tốc trong đoạn ống dẫn nước  $i$ .



**Hình 4. 23: Kết cấu công dẫn nước vòng qua tường và chọn mặt cắt cho phương trình Bernuli.**

Từ phương trình (4-28) ta có:

$$z_1 - z_2 = \alpha \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{v_i^2}{2g} + \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m l_i \frac{dv_i}{dt} \quad (4-29)$$

Trong đó:

$z_1 - z_2 = H_t$  là cột nước chênh lệch tại thời điểm  $t$

$$\alpha \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \approx 0 \quad (\text{bỏ qua vì rất nhỏ})$$

Ta có:

$$h_c = \sum_{i=1}^m \xi_i \frac{v_i^2}{2g} = \xi_c \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{\mu_t^2} \frac{v^2}{2g}$$

Với:

$\xi_c$ - hệ số sức cản tổng cộng của hệ thống cấp tháo nước

$\mu_t$  - hệ số lưu lượng (ở thời điểm  $t$ )

$$h_d = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m l_i \frac{dv_i}{dt} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m l_i \frac{d\left(v \cdot \frac{\omega}{\omega_i}\right)}{dt} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m \left( l_i \cdot \frac{\omega}{\omega_i} \frac{dv}{dt} \right) = \frac{1}{g} \frac{dv}{dt} \sum_{i=1}^m \frac{\omega}{\omega_i} l_i$$

Đặt:  $l_{ds} = \sum_{i=1}^m \frac{\omega}{\omega_i} l_i$  - chiều dài dẫn suất của công dẫn

$\omega_i$ - diện tích tiết diện ngang đoạn ống dẫn đoạn thứ  $i$

$\Rightarrow h_d = \frac{l_{ds}}{g} \frac{dv}{dt}$  : Cột nước quán tính.

Thay các đại lượng vào (3-31) ta có:

$$H_t = \frac{1}{\mu_t^2} \frac{v^2}{2g} + \frac{l_{ds}}{g} \frac{dv}{dt} \quad (4-30)$$

Đây là phương trình cơ bản để tính toán thủy lực âu tàu.

## 4.9. Tính toán kích thước công dẫn nước và thời gian cấp tháo nước

### 4.9.1. Trường hợp buồng âu tường đứng, mở van đều, liên tục và chảy ngập:

Buồng âu tường nghiêng hiện nay chỉ áp dụng cho các âu có cột nước chênh lệch không lớn trên những sông nhỏ, còn tường buồng những âu tàu hiện đại thường có dạng đứng hoặc có độ nghiêng nhỏ từ 40:1 đến 100:1. Vì vậy trong phần này ta chỉ tính toán cho trường hợp buồng âu tường đứng.

Trong thực tế, ở các âu tàu hiện đại để tránh sự phức tạp về thiết bị, người ta ít dùng đồng thời một số hệ thống cấp tháo nước mà hệ số lưu lượng khác nhau rõ rệt. Vì vậy, các công thức tính toán dưới đây chỉ áp dụng cho trường hợp cấp tháo nước buồng âu có diện tích cố định, với việc mở van dần dần liên tục của hệ thống cấp tháo nước.

Bỏ qua ảnh hưởng của lực quán tính, tích phân phương trình (4-30) ta có hệ thức sau:

$$\int_0^t \mu_t dt = \frac{-C}{\omega\sqrt{2g}} \cdot 2(\sqrt{H_t} - \sqrt{H}) \quad (4-31)$$

(Xem diễn giải xác định công thức 4-31 ở phần sau)

Trong đó:

$$C = \frac{\Omega_1 \cdot \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2}$$

$\Omega_1$ : diện tích mặt thoáng buồng âu thứ nhất.

$\Omega_2$ : diện tích mặt thoáng buồng âu thứ hai.

- Với âu đơn cấp:

+ Khi cấp nước:  $\Omega_1 = \infty$ : Mặt thoáng kênh thượng lưu

$\Omega_2 = \Omega$ : Mặt thoáng trong âu

+ Khi tháo nước:  $\Omega_1 = \Omega$ : Mặt thoáng trong âu

$\Omega_2 = \infty$ : Mặt thoáng kênh hạ lưu

Ta có: 
$$C = \frac{\Omega_1 \cdot \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} = \Omega$$

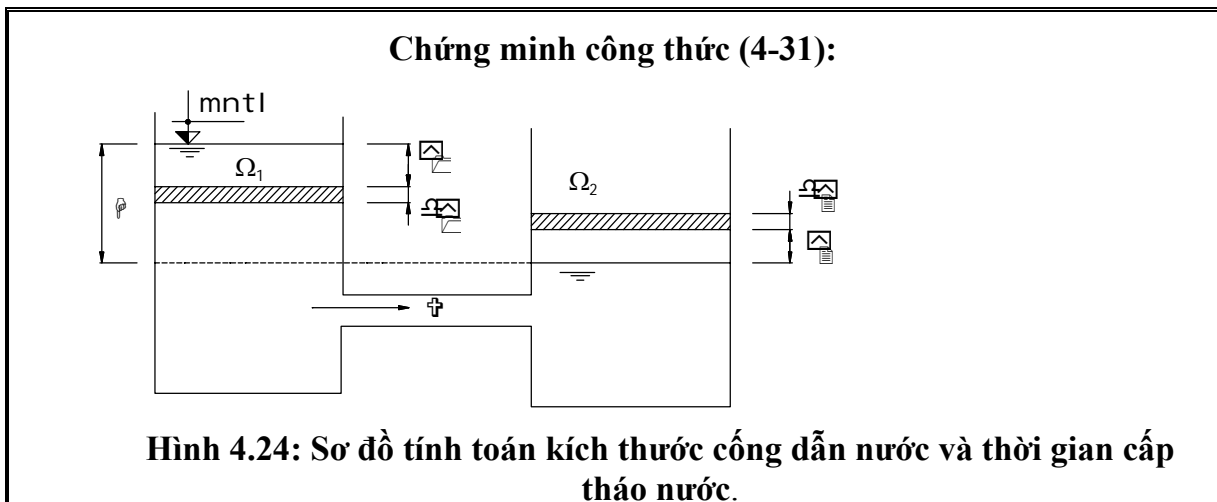
- Với âu đa cấp:

+ Khi cấp nước từ thượng lưu vào buồng thứ nhất và tháo nước từ buồng cuối cùng ra hạ lưu thì như trường hợp âu đơn cấp:  $C = \Omega$

+ Khi cấp tháo nước giữa các buồng âu  $\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega$  (Mặt thoáng 2 buồng âu như nhau), ta có: 
$$C = \frac{\Omega_1 \cdot \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} = \frac{\Omega}{2}$$

Lưu lượng trong hệ thống thủy lực:

$$Q = \omega \cdot \mu_t \cdot \sqrt{2g \cdot H_t} \quad (4-32)$$



Từ phương trình cơ bản (4-30), bỏ qua cột nước quán tính ta có:

$$H_t = \frac{1}{\mu_t^2} \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \mu_t \sqrt{2g.H_t}$$

Mặt khác:  $Q = \omega.v \rightarrow Q = \omega.\mu_t.\sqrt{2g.H_t}$  (4-32)

$$\Rightarrow \mu_t = \frac{Q}{\omega\sqrt{2g.H_t}} \quad (1)$$

Dựa vào điều kiện liên tục: khối nước dâng lên  $\Omega_2.dy_2$ , khối nước tụt xuống  $\Omega_1.dy_1$  và lượng nước chảy qua cống có tiết diện  $\omega$  trong khoảng thời gian  $dt$  là như nhau, ta có:

$$q.dt = \Omega_1.dy_1 = \Omega_2 . dy_2$$

Do đó:  $q = \frac{\Omega_1.dy_1}{dt}$  (2)

Ta thấy:  $dH = -(dy_1 + dy_2) = -\left(1 + \frac{\Omega_1}{\Omega_2}\right).dy_1$ : Biến thiên độ chênh cột nước của Âu bằng tổng lượng biến thiên mực nước thượng lưu  $dy_1$  và hạ lưu  $dy_2$  nhưng trái dấu.

$$\rightarrow dy_1 = -\frac{\Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} . dH$$

$$\rightarrow \Omega_1 . dy_1 = -\frac{\Omega_1 . \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} . dH = -C . dH \quad (3)$$

Từ (1), (2), (3) ta có:

$$\mu_t = \frac{q}{\omega\sqrt{2g.H_t}} = \frac{\Omega_1 . dy_1}{\omega\sqrt{2g.H_t} . dt} = \frac{-C . dH}{\omega\sqrt{2g.H_t} . dt} \Rightarrow \mu_t . dt = \frac{-C . dH}{\omega\sqrt{2g.H_t}}$$

Tích phân 2 vế ta có:

$$\int_0^t \mu_t . dt = \int_H^{H_t} \frac{-C . dH}{\omega\sqrt{2g.H_t}} = \frac{-C}{\omega\sqrt{2g}} . \int_H^{H_t} H_t^{-1/2} . dH = \frac{-C}{\omega\sqrt{2g}} . 2(\sqrt{H_t} - \sqrt{H})$$

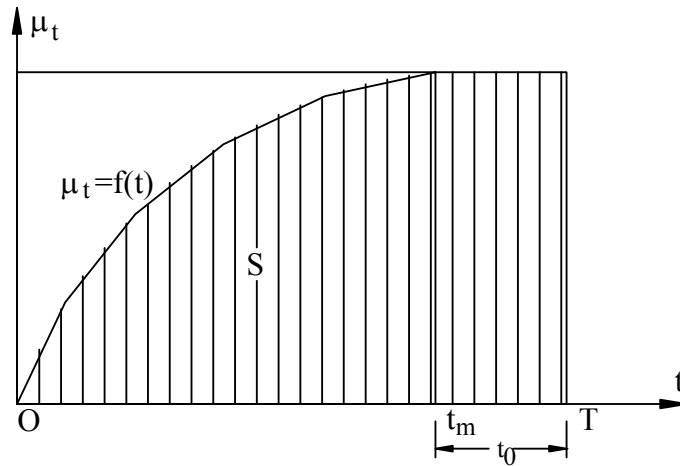
$$\Rightarrow \int_0^t \mu_t . dt = \frac{-C}{\omega\sqrt{2g}} . 2(\sqrt{H_t} - \sqrt{H}) \quad (4-31) \text{ (Công thức cần chứng minh)}$$

Trong đó:

H - cột nước chênh lệch ban đầu (lúc  $t=0$ )

$H_t$ - cột nước chênh lệch tại thời điểm  $t$ .

Hệ số lưu lượng  $\mu_t$  là một hàm của thời gian  $\mu_t=f(t)$  và được biểu diễn bằng đồ thị như hình 4.24



**Hình 4. 24: Đồ thị biểu diễn  $\mu_t = \mu_t(t)$**

T: Thời gian cấp tháo nước xong.

$t_m$ : thời gian mở xong cửa van

$t_0$ : thời gian từ lúc mở xong cửa van đến lúc cấp tháo nước xong.

4.9.1.1. Trong khoảng thời gian từ  $0 \rightarrow t_m$ :

Ta có thời gian mở van  $t_m$  là:

$$t_m = \frac{2C(\sqrt{H} - \sqrt{H_m})}{\alpha \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g}} \quad (4-33)$$

$H_m$ - Cột nước chênh lệch tại thời điểm vừa mở xong cửa van

**Chứng minh công thức (4-33):**

Từ công thức (4-31) xét cho thời gian  $0 \rightarrow t_m$  ta có:

$$\int_0^{t_m} \mu_t dt = \frac{-C}{\omega \sqrt{2g}} \cdot 2(\sqrt{H_m} - \sqrt{H}) = S$$

Đặt:  $\alpha = \frac{S}{\mu \cdot t_m}$ : Hệ số phụ thuộc vào loại cửa van và hệ số  $\mu$  của hệ thống cấp tháo nước.

$$\rightarrow S = \alpha \cdot \mu \cdot t_m$$

$$\Rightarrow \alpha \cdot \mu \cdot t_m = \frac{C}{\omega \sqrt{2g}} \cdot 2(\sqrt{H} - \sqrt{H_m})$$

$$\Rightarrow t_m = \frac{2C(\sqrt{H} - \sqrt{H_m})}{\alpha \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g}} \quad (4-33) \text{ (Công thức cần chứng minh)}$$

4.9.1.2. Trong khoảng thời gian từ  $t_m \rightarrow T$ :

Ta có thời gian từ lúc mở van xong đến khi cấp tháo nước xong  $t_0$  là:

$$t_0 = \frac{2C\sqrt{H_m}}{\mu\omega\sqrt{2g}} \quad (4-34)$$

Chứng minh công thức (4-34):

Từ công thức (4-31) xét cho thời gian  $t_m \rightarrow T$  ta có:

$$\int_{t_m}^T \mu_t dt = \frac{-C}{\omega\sqrt{2g}} \cdot 2(0 - \sqrt{H_m})$$

$$\Rightarrow t_0 = T - t_m = \frac{2C\sqrt{H_m}}{\mu\omega\sqrt{2g}} \quad (4-34) \text{ (Công thức cần chứng minh)}$$

#### 4.9.1.3. Tính toán thời gian cấp tháo nước T:

Ta có toàn bộ thời gian cấp tháo kể từ khi mở van đến khi cấp tháo xong nước là:

$$T = \frac{2C\sqrt{H}}{\mu\omega\sqrt{2g}(1 - (1-\alpha)k_m)} \quad (4-34)$$

#### Chứng minh công thức (4-34):

Ta có tổng thời gian cấp tháo nước xong hoàn toàn là:  $T = t_m + t_0$

$$\rightarrow t_0 = T - t_m = T(1 - k_m)$$

với  $k_m = \frac{t_m}{T}$ : Tỷ số giữa thời gian mở van và thời gian cấp tháo nước xong

$$\rightarrow T = \frac{t_0}{1 - k_m} = \frac{2C\sqrt{H_m}}{\mu\omega\sqrt{2g}(1 - k_m)} \rightarrow \sqrt{H_m} = \frac{\mu\omega\sqrt{2g}}{2C}(1 - k_m)T \quad (1)$$

Đồng thời ta cũng có:  $T = t_m + t_0 = \frac{2C(\sqrt{H} - \sqrt{H_m})}{\alpha\mu\omega\sqrt{2g}} + \frac{2C\sqrt{H_m}}{\mu\omega\sqrt{2g}}$

$$\Rightarrow T = \frac{2C}{\alpha\mu\omega\sqrt{2g}} [\sqrt{H} - (1-\alpha)\sqrt{H_m}]$$

Thay (1) vào ta có:  $\Rightarrow T = \frac{2C}{\alpha\mu\omega\sqrt{2g}} \left[ \sqrt{H} - (1-\alpha) \frac{\mu\omega\sqrt{2g}}{2C} (1-k_m)T \right]$

$$\Rightarrow \frac{\mu\omega\sqrt{2g}}{2C} [\alpha + (1-\alpha)(1-k_m)] T = \sqrt{H}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2C\sqrt{H}}{\mu\omega\sqrt{2g}(1 - (1-\alpha)k_m)} \quad (4-34) \text{ (Công thức cần chứng minh)}$$

Hệ số  $\alpha$  phụ thuộc vào loại cửa van và hệ số  $\mu$  của hệ thống cấp tháo nước,  $\alpha$  lấy theo bảng:

**Bảng 4.2: Giá trị  $\alpha$  phụ thuộc vào loại cửa van và hệ số  $\mu$**

Loại van	Giá trị $\alpha$ với $\mu$ của hệ thống C.T.N			
	$\mu = 0,4$	$\mu = 0,6$	$\mu = 0,7$	$\mu = 0,8$
- Van phẳng (mép dưới nhọn)	0,63	0,49	0,46	0,43
- Van cung	0,64	0,61	0,48	0,46
- Van hình trụ	0,71	0,67	0,64	0,46
- Van quay	0,47	0,43	0,40	0,47

Để đơn giản ta thường lấy  $\alpha = 0,4$ , do đó:

$$T = \frac{4C\sqrt{H}}{\mu.\omega\sqrt{2g}(2 - k_m)} \quad (4-36)$$

Từ (4-36) ta xác định được diện tích tiết diện ngang cống dẫn nước  $\omega$  (cả 2 bên)

$$\omega = \frac{4C\sqrt{H}}{\mu.T\sqrt{2g}(2 - k_m)} \quad (4-37)$$

#### 4.9.2. Trường hợp mở van đột ngột:

Nếu mở van đột ngột,  $t_m = 0 \Rightarrow \mu_t = \mu = \text{const}$  và ta có:

$$T = t_0 = \frac{2C\sqrt{H}}{\mu.\omega\sqrt{2g}} \quad (4-38)$$

$$\text{Và } \omega = \frac{2C\sqrt{H}}{\mu.T\sqrt{2g}} \quad (4-39)$$

Khi tính toán sơ bộ, người ta giải thiết  $\mu = \text{const}$  và lấy như sau:

$\mu = 0,7 \div 0,8$ : Cấp tháo nước qua lỗ đơn giản:

$\mu = 0,6 \div 0,7$ : Qua ống dẫn ngắn:

$\mu = 0,4 \div 0,6$ : Qua ống dẫn dài:

Hệ số  $k_m$  lấy như sau:

$k_m = 0,4 \div 0,7$ : với ống dẫn ngắn.

$k_m = 0,3 \div 0,4$ : với ống dẫn dài (ở hệ thống cấp tháo nước phân tán)

#### 4.10. Đường đặc tính thủy lực.

Đường đặc tính thủy lực là đường biểu thị quan hệ giữa thời gian với mực nước, cột nước chênh lệch, lưu lượng, năng lượng trong một đơn vị thời gian của dòng chảy (tỷ năng), tốc độ đóng mở van, hệ số lưu lượng. Nó giúp ta kiểm nghiệm lại điều kiện ổn định trong âu tàu. Do đó trong tính toán thủy lực âu tàu, ta cần phải vẽ đường đặc tính thủy lực.

Công việc này tiến hành ở giai đoạn cuối cùng của công tác thiết kế, khi mà đã chọn kiểu cửa van, thời gian đóng mở van và xác định được các kích thước cơ bản của Âu.



**4.10.1. Nguyên lý xây dựng các đường đặc tính thủy lực:**

Đường đặc tính thủy lực bao gồm:

- Đường quan hệ giữa tốc độ đóng mở van và thời gian  $n_t = n_t(t)$
- Đường quan hệ giữa hệ số lưu lượng và thời gian  $\mu_t = \mu_t(t)$
- Đường quan hệ giữa cột nước chênh lệch và thời gian  $H_t = H_t(t)$
- Đường quan hệ giữa mực nước và thời gian  $y_t = y_t(t)$
- Đường quan hệ giữa lưu lượng và thời gian  $Q = Q(t)$
- Đường quan hệ giữa biến thiên lưu lượng  $\frac{dQ}{dt}$  và thời gian  $dQ = dQ(t)$
- Đường quan hệ giữa năng lượng dòng chảy (tỷ năng) và thời gian  $e=e(t)$

Và sau đây là nguyên lý xây dựng các đường đặc trưng thủy lực:

**4.10.1.1. Đường quan hệ giữa hệ số lưu lượng và thời gian  $\mu_t = \mu_t(t)$ :**

Thông thường đường này được xác định dựa theo loại van mà hệ thống cấp thoát sử dụng, nếu mở van đột ngột để đạt tới vị trí ổn định thì ta có hệ số lưu lượng là không đổi theo thời gian, nếu mở van từ từ thì thường có một điều kiện nào đấy, ví dụ như để hệ số lưu lượng biến đổi bậc nhất theo thời gian, các trường hợp phức tạp hơn thì xác định giá trị  $\mu_t$  ở các thời điểm khác nhau của thời gian t.

**4.10.1.2. Đường quan hệ giữa tốc độ đóng mở van và thời gian  $n_t = n_t(t)$**

Mức độ mở van cấp thoát nước quyết định hệ số lưu lượng của đường ống dẫn nước, do đó nếu có cấu tạo van, hệ thống đường ống và hàm  $\mu_t = \mu_t(t)$ , ta dễ dàng xác định được độ mở của van cũng như tốc độ đóng mở van (đạo hàm bậc nhất của độ mở của van).

**4.10.1.3. Đường quan hệ giữa cột nước chênh lệch và thời gian  $H_t = H_t(t)$**

Từ đường quan hệ  $\mu_t = \mu_t(t)$  ta sẽ xác định được đường quan hệ  $H_t = H_t(t)$  theo công thức (4-31):  $\int_0^t \mu_t dt = \frac{-C}{\omega\sqrt{2g}} \cdot 2(\sqrt{H_t} - \sqrt{H})$  hay ta có:

$$H_t = \left( \sqrt{H} - \frac{\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \int_0^t \mu_t dt \right)^2 \tag{4-40}$$

**4.10.1.4. Đường quan hệ giữa thời gian và mực nước  $y_t = y_t(t)$**

Khi có sự thay đổi độ chênh mực nước theo thời gian  $H_t = H_t(t)$  ta dễ dàng xác định được sự thay đổi mực nước trong Âu theo thời gian  $y_t = y_t(t)$  do thông thường trong quá trình cấp cũng như tháo, mực nước thượng lưu và hạ lưu ổn định.

**4.10.1.5. Đường quan hệ giữa lưu lượng và thời gian  $Q = Q(t)$**

Kết hợp sự thay đổi độ chênh mực nước  $H_t = H_t(t)$  và sự thay đổi hệ số lưu lượng  $\mu_t = \mu_t(t)$  ta xác định được sự thay đổi lưu lượng theo thời gian  $Q = Q(t)$  theo công thức đã xây dựng (4-32):  $Q(t) = \omega \cdot \mu_t(t) \cdot \sqrt{2g \cdot H_t(t)}$

Và cũng từ đó đạo hàm bậc nhất đường biến thiên lưu lượng  $Q = Q(t)$  ta có Đường quan hệ giữa biến thiên lưu lượng và thời gian  $dQ = dQ(t)$

#### 4.10.1.6. Đường quan hệ giữa năng lượng dòng chảy (tỷ năng) và thời gian $e=e(t)$

Xuất phát từ công thức tính năng lượng trong một đơn vị thời gian:  $e = \gamma.Q.H_t$ , ta có sự biến thiên năng lượng dòng chảy trên một đơn vị thời gian theo thời gian là  $e(t) = \gamma.Q(t).H_t(t)$

Sau đây ta sẽ cụ thể hoá nguyên lý xây dựng các đường đặc trưng thủy lực cho hai trường hợp mở van thông dụng trong Âu tàu hiện nay:

- Mở van đột ngột
- Mở van từ từ để hệ số lưu lượng thay đổi tuyến tính.

#### 4.10.2. Đường đặc tính thủy lực cho trường hợp mở van đột ngột:

Sau đây ta sẽ xây dựng các đường đặc tính thủy lực cho trường hợp đơn giản nhất: Mở van đột ngột để hệ số lưu lượng tăng đến ngay giá trị lớn nhất  $\mu_t = \mu$ , ta có:

##### 4.10.2.1. Tốc độ đóng mở van n:

Đầu tiên tốc độ đóng mở van sẽ là  $\infty$ , sau đó sẽ bằng 0:

$$n(t) = \begin{cases} \infty & \text{khi } t = 0 \\ 0 & \text{khi } t > 0 \end{cases}$$

##### 4.10.2.2. Hệ số lưu lượng:

Do mở van đột ngột thời gian mở van  $t_m=0$ , ta có hệ số lưu lượng tăng đột ngột đến giá trị ổn định:  $\mu_t = \mu = const$  tức là:

$$\mu(t) = \mu$$

##### 4.10.2.3. Cột nước chênh lệch - Mực nước:

Theo công thức (4-40) của phần nguyên lý xây dựng đường quan hệ mực nước chênh lệch với thời gian:  $H_t = \left( \sqrt{H} - \frac{\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \int_0^t \mu_t dt \right)^2$

Áp dụng cho trường hợp đang xét là mở van đột ngột ( $\mu = const$ ) ta có:

$$H_t(t) = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu.\omega\sqrt{2g}}{2.C} . t \right)^2 \quad (4-41)$$

Từ đó ta xác định được mực nước trong Âu:

- Khi cấp nước: Mực nước thượng lưu ổn định, mực nước trong Âu tăng dần:

$$y_1(t) = y_0 + H - H_t(t) \quad (4-42)$$

Trong đó:  $y_0$ - Mực nước ban đầu trong Âu, chính là mực nước hạ lưu.

H- Mực nước chênh lệch ban đầu, chính là chênh lệch mực nước thượng lưu - hạ lưu.

- Khi tháo nước: Mức nước hạ lưu ổn định, mực nước trong Âu giảm dần:

$$y_2(t) = y_0 - (H - H_t(t)) \quad (4-43)$$

Trong đó:

$y_0$ - Mực nước ban đầu trong Âu, là mực nước thượng lưu.

H- Mực nước chênh lệch ban đầu.

#### 4.10.2.4. Lưu lượng:

Theo công thức tính lưu lượng trong ống cấp thoát nước (4-32):  
 $Q(t) = \omega \cdot \mu_t(t) \sqrt{2g \cdot H_t(t)}$  và với công thức vừa xây dựng được ở trên (4-41):

$$H_t(t) = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot t \right)^2$$

Áp dụng cho trường hợp mở van đột ngột ( $\mu = const$ ) ta có:

$$Q(t) = \omega \cdot \mu \sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot t \right) \quad (4-44)$$

#### 4.10.2.5. Độ biến thiên lưu lượng:

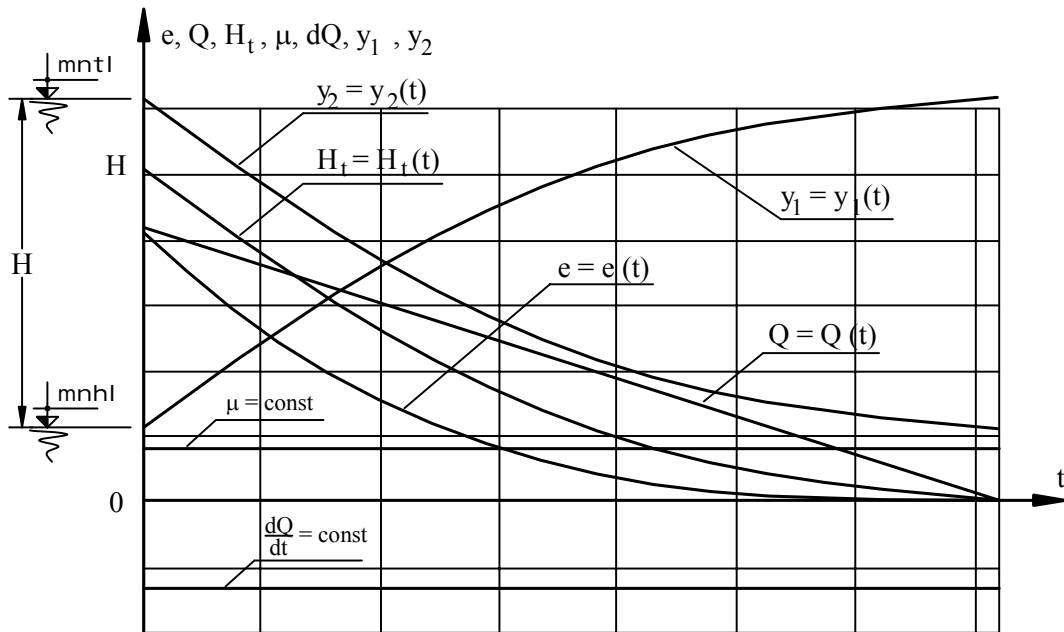
Từ công thức xác định lưu lượng trên đạo hàm bậc nhất ta có được sự biến thiên lưu lượng trong ống cấp thoát nước:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = - \frac{\mu^2 \cdot \omega^2 \cdot g}{C} = const \quad (4-44)$$

#### 4.10.2.6. Năng lượng dòng chảy (tỷ năng):

Theo như phần nguyên lý đã trình bày ta có năng lượng dòng chảy cấp thoát trong một đơn vị thời gian:

$$e(t) = \gamma \cdot Q(t) \cdot H_t(t) = \gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \cdot \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot t \right)^3 \quad (4-46)$$



Hình 4. 25: Đường đặc tính thủy lực cho trường hợp mở van đột ngột

**4.10.3. Đường đặc tính thủy lực cho trường hợp mở van từ từ:**

Sau đây ta sẽ xây dựng các đường đặc tính thủy lực cho trường hợp mở van từ từ để hệ số lưu lượng thay đổi theo đường thẳng:  $\mu_i(t) = a.t$ , ta có:

4.10.3.1. Tốc độ đóng mở van n:

4.10.3.2. Hệ số lưu lượng:

Do mở van để hệ số lưu lượng thay đổi tuyến tính:  $\mu_i(t) = a.t$ .

Xác định a: Là hệ số sao cho sau thời gian  $t_m$  hệ số lưu lượng  $\mu_t(t)$  tăng tới giá trị lớn nhất  $\mu$ :  $a = \frac{\mu}{t_m}$

$$\text{Vậy: } \mu(t) = \begin{cases} \frac{\mu}{t_m} \cdot t & \text{khi } 0 \leq t < t_m \\ \mu & \text{khi } t_m \leq t \leq T \end{cases}$$

4.10.3.3. Cột nước chênh lệch - Mức nước:

Theo công thức xác định cột nước chênh lệch (4-40):  $H_t = \left( \sqrt{H} - \frac{\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \int_0^t \mu_i dt \right)^2$  áp

dụng cho trường hợp đang xét là mở van từ từ ( $\mu_i(t) = \frac{\mu}{t_m} \cdot t$ ) ta có:

- Trong thời gian:  $0 \leq t < t_m$

$$\int_0^t \mu_i dt = \int_0^t \frac{\mu}{t_m} \cdot t dt = \frac{\mu}{t_m} \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$\Rightarrow H_t(t) = \left( \sqrt{H} - \frac{\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \frac{\mu}{t_m} \cdot \frac{t^2}{2} \right)^2$$

- Tại thời điểm vừa mở van xong:  $t=t_m$

$$H_m = H_t(t_m) = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu.\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \frac{t_m}{2} \right)^2 \quad (4-47)$$

- Trong thời gian:  $t_m \leq t \leq T$

Áp dụng công thức (4-40) ta có:  $H_t(t) = \left( \sqrt{H_m} - \frac{\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \int_{t_m}^t \mu_t dt \right)^2$

Mặt khác:  $\int_{t_m}^t \mu_t dt = \int_{t_m}^t \mu dt = \mu.(t - t_m)$

$$\Rightarrow H_t(t) = \left( \sqrt{H_m} - \frac{\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \mu.(t - t_m) \right)^2$$

Tổng hợp lại ta có:

$$H_t(t) = \begin{cases} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu.\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \frac{t^2}{2.t_m} \right)^2 & \text{khi } 0 \leq t < t_m \\ \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu.\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \mu.(t - t_m) \right)^2 & \text{khi } t_m \leq t \leq T \end{cases} \quad (4-48)$$

Từ đó ta xác định được mực nước trong Âu:

- Khi cấp nước: Mực nước thượng lưu ổn định, mực nước trong Âu tăng dần:

$$y_1(t) = y_0 + H - H_t(t)$$

- Khi tháo nước: Mực nước hạ lưu ổn định, mực nước trong Âu giảm dần:

$$y_2(t) = y_0 - (H - H_t(t))$$

#### 4.10.3.4. Lưu lượng:

Theo phân trước ta có vận tốc trong ống cấp tháo nước:  $Q = \omega.\mu_t.\sqrt{2g.H_t}$ , áp dụng cho trường hợp mở van từ từ, ta có:

- Trong thời gian:  $0 \leq t < t_m$

$$H_t(t) = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu.\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \frac{t^2}{2.t_m} \right)^2; \mu_t(t) = \frac{\mu}{t_m} \cdot t$$

$$\Rightarrow Q(t) = \omega.\sqrt{2g}.\mu_t(t).\sqrt{H_t(t)} = \mu.\omega\sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu.\omega\sqrt{2g}}{2.C} \cdot \frac{t^2}{2.t_m} \right) \cdot \frac{t}{t_m}$$

- Trong thời gian:  $t_m \leq t \leq T$

$$H_t(t) = \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot (t - t_m) \right)^2; \mu_t(t) = \mu$$

$$\Rightarrow Q(t) = \omega \cdot \sqrt{2g} \cdot \mu_t(t) \cdot \sqrt{H_t(t)} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} (t - t_m) \right)$$

Tổng hợp lại:

$$Q(t) = \begin{cases} \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot \frac{t^2}{2 \cdot t_m} \right) \cdot \frac{t}{t_m} & \text{khi } 0 \leq t < t_m \\ \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} (t - t_m) \right) & \text{khi } t_m \leq t \leq T \end{cases} \quad (4-49)$$

Với:  $H_m = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot \frac{t_m}{2} \right)^2$  (Công thức 4-47)

#### 4.10.3.5. Độ biến thiên lưu lượng:

Độ biến thiên lưu lượng chính là đạo hàm bậc nhất theo thời gian của lưu lượng:

$dQ(t) = \frac{dQ(t)}{t}$  và cũng chia làm 2 thời kỳ  $0 < t < t_m$  và  $t_m \leq t \leq T$ .

$$dQ(t) = \begin{cases} \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \frac{\sqrt{H}}{t_m} - \frac{3 \mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4 \cdot 2 \cdot C} \cdot \frac{t^2}{t_m^2} \right) & \text{khi } 0 \leq t < t_m \\ -\frac{\mu^2 \cdot \omega^2 \cdot g}{C} & \text{khi } t_m \leq t \leq T \end{cases} \quad (4-40)$$

#### 4.10.3.6. Năng lượng dòng chảy (tỷ năng):

Theo như phần nguyên lý đã trình bày ta có năng lượng dòng chảy cào tháo trong một đơn vị thời gian:  $e(t) = \gamma \cdot Q(t) \cdot H_t(t)$ , áp dụng cho trường hợp mở van từ từ, ta có:

- Trong thời gian:  $0 \leq t < t_m$

$$H_t(t) = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot \frac{t^2}{2 \cdot t_m} \right)^2; Q(t) = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot \frac{t^2}{2 \cdot t_m} \right) \cdot \frac{t}{t_m}$$

$$\Rightarrow e(t) = \gamma \cdot Q(t) \cdot H_t(t) = \gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot \frac{t^2}{2 \cdot t_m} \right)^3 \cdot \frac{t}{t_m}$$

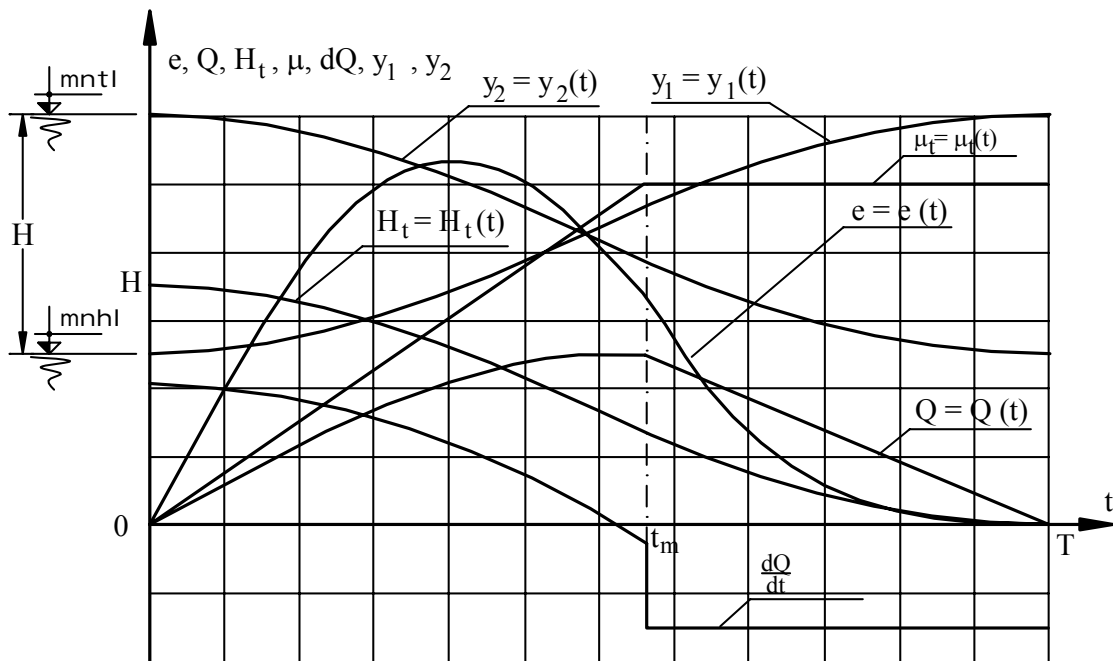
- Trong thời gian:  $t_m \leq t \leq T$

$$H_t(t) = \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot (t - t_m) \right)^2; Q(t) = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} (t - t_m) \right)$$

$$\Rightarrow e(t) = \gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2.C} (t - t_m) \right)^3$$

Tổng hợp lại:

$$e(t) = \begin{cases} \gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2.C} \cdot \frac{t^2}{2.t_m} \right)^3 \cdot \frac{t}{t_m} & \text{khi } 0 \leq t < t_m \\ \gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H_m} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2.C} (t - t_m) \right)^3 & \text{khi } t_m \leq t \leq T \end{cases} \quad (4-41)$$



Hình 4. 26: Đường đặc tính thủy lực cho mở van từ từ

#### 4.10.4. Các trị số thủy lực đặc trưng :

Là các trị số ảnh hưởng nhiều nhất đến điều kiện đầu tàu trong âu, việc xác định giá trị của chúng cũng như thời điểm chúng xuất hiện rất có ý nghĩa trong việc kiểm tra ổn định của Âu tàu khi thực hiện cấp tháo nước buồng Âu. Các trị số thủy lực đặc trưng bao gồm: Lưu lượng lớn nhất  $Q_{max}$ , năng lượng lớn nhất  $e_{max}$ , độ tăng, giảm lưu lượng lớn nhất:

$$\text{nhất: } \left( \frac{dQ}{dt} \right)_{max}^+, \left( \frac{dQ}{dt} \right)_{max}^-$$

##### 4.10.4.1. Trường hợp mở van đột ngột:

Các giá trị lưu lượng lớn nhất, năng lượng lớn nhất cùng xuất hiện vào thời điểm ban đầu (t=0) khi vừa mở van cấp tháo và có độ chênh mực nước là lớn nhất (H<sub>t</sub>=H):

Lưu lượng lớn nhất:

$$Q_{max} = \mu \cdot \omega \sqrt{2gH} = \frac{2.C.H}{T}$$

Năng lượng lớn nhất:

$$e_{\max} = \gamma \cdot Q_{\max} \cdot H = \gamma \cdot \frac{2 \cdot C \cdot H^2}{T}$$

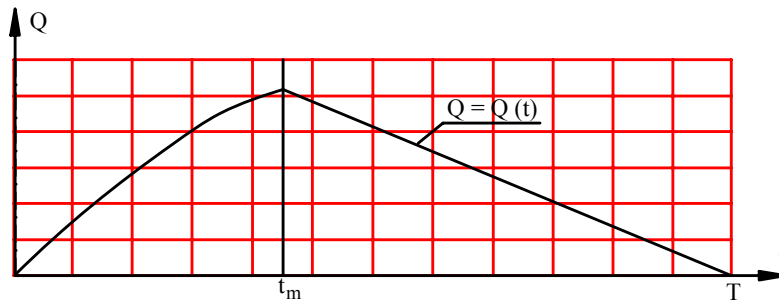
Và do lưu lượng biến thiên bậc nhất theo thời gian nên:  $\frac{dQ}{dt} = -\frac{\mu^2 \cdot \omega^2 \cdot g}{C} = const$

4.10.4.2. Trường hợp mở van từ từ:

\* Lưu lượng lớn nhất  $Q_{\max}$ :

Theo giáo sư Mikhailốp, lúc cửa van mở từ từ và hệ số  $\mu_t$  biến đổi theo đường thẳng thì  $Q_{\max}$  tính theo 2 trường hợp sau:

Khi  $t_m \leq 0,4T$ :  $Q_{\max}$  sẽ xuất hiện vào lúc van vừa mở hoàn toàn



**Hình 4. 27: Lưu lượng cấp tháo khi  $t_m < 0,4T$**

$$Q_{\max} = \frac{8 \cdot C \cdot H(1 - k_m)}{T(2 - k_m)^2} \quad (4-42)$$

Vào thời điểm: 
$$\begin{cases} t = t_m = k_m \cdot T \\ H_t = H_m = 4 \cdot \left( \frac{1 - k_m}{2 - k_m} \right)^2 H \end{cases} \quad (4-43)$$

**Chứng minh công thức (4-42) (4-43):**

Trong trường hợp mở van từ từ ta có thời gian cấp tháo:

$$T = \frac{4C\sqrt{H}}{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}(2 - k_m)} \quad (\text{Công thức 4-36})$$

$$\rightarrow \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4C} = \frac{\sqrt{H}}{T(2 - k_m)} \quad (1)$$

Tại thời điểm mở van hoàn toàn  $t = t_m = k_m \cdot T$  ta có:

- Mức nước chênh lệch theo công thức (4-47):  $H_m = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2 \cdot C} \cdot \frac{t_m}{2} \right)^2$  thay (1)

vào ta có: 
$$\rightarrow H_m = \left( \sqrt{H} - \frac{\sqrt{H}}{T(2 - k_m)} \cdot k_m \cdot T \right)^2 = \left( 1 - \frac{k_m}{2 - k_m} \right)^2 \cdot H$$



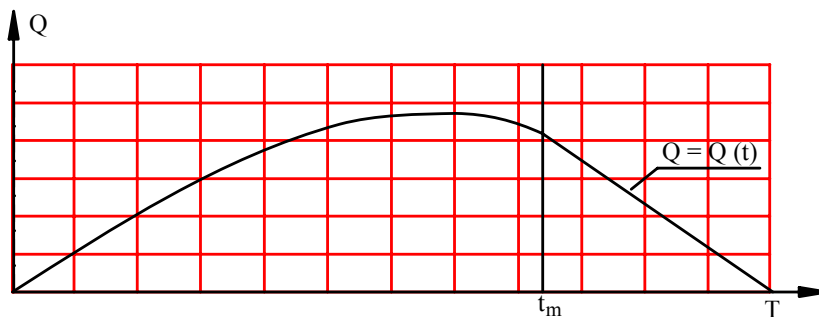
$$\Rightarrow H_m = 4 \left( \frac{1 - k_m}{2 - k_m} \right)^2 H \quad (4-43-2)$$

- Lưu lượng theo công thức (4-31) lớn nhất xuất hiện tại thời điểm  $t = t_m$ :  
 $Q_{\max} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \sqrt{H_m}$ , thay (4-43-2) vào ta có:

$$Q_{\max} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \cdot 2 \left( \frac{1 - k_m}{2 - k_m} \right) \cdot \sqrt{H} = \frac{4C\sqrt{H}}{T(2 - k_m)} \cdot 2 \left( \frac{1 - k_m}{2 - k_m} \right) \cdot \sqrt{H}$$

$$\Rightarrow Q_{\max} = \frac{8C.H}{T} \frac{1 - k_m}{(2 - k_m)^2} \quad (4-42) \text{ (Công thức cần chứng minh)}$$

Khi  $t_m > 0,4T$ :  $Q_{\max}$  sẽ xuất hiện vào lúc đang mở van



**Hình 4. 28: Lưu lượng cấp thoát khi  $t_m > 0,4T$**

$$Q_{\max} = \frac{8}{3\sqrt{3}} \frac{C.H}{T\sqrt{(2 - k_m)k_m}} \quad (4-44)$$

$$Q_{\max} \text{ có vào thời điểm: } \begin{cases} t = \frac{T}{\sqrt{3}} \sqrt{(2 - k_m)k_m} \\ H_t = \frac{4}{9} H \end{cases} \quad (4-44)$$

**Chứng minh công thức (4-44) (4-44):**

Trong trường hợp mở van từ từ ta có lưu lượng dòng cấp thoát lớn nhất khi đang mở van. Theo toán học, cực trị của một hàm số thường là tại điểm mà đạo hàm bậc nhất của hàm số bằng 0, ta có đạo hàm bậc nhất của lưu lượng theo công thức (4-40-1)

$$dQ(t) = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \frac{\sqrt{H}}{t_m} - \frac{3}{2} \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m^2} \right)$$

$$dQ(t) = 0 \text{ khi } \frac{\sqrt{H}}{t_m} = \frac{3}{2} \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m^2}$$

$$\rightarrow t^2 = \frac{\sqrt{H} \cdot t_m}{3 \cdot \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C}} = \frac{\sqrt{H} \cdot k_m \cdot T}{3 \cdot \frac{\sqrt{H}}{T(2 - k_m)}} = \frac{T^2}{3} (2 - k_m) k_m$$

$$\Rightarrow t = \frac{T}{\sqrt{3}} \sqrt{(2-k_m)k_m} \quad (4-44-1)$$

Vào thời điểm này mực nước chênh lệch theo công thức (4-48-1):

$$H_t = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right)^2 = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{T^2 (2-k_m)k_m}{3.t_m} \right)^2 = \left( \sqrt{H} - \frac{\sqrt{H}}{T(2-k_m)} \cdot \frac{T(2-k_m)}{3} \right)^2$$

$$\Rightarrow H_t = \frac{4}{9} H \quad (4-44-2)$$

\* Tìm  $Q_{\max}$ : Thay thời gian và cột nước chênh lệch tìm được ở trên vào công thức lưu lượng (4-49-1) ta có:

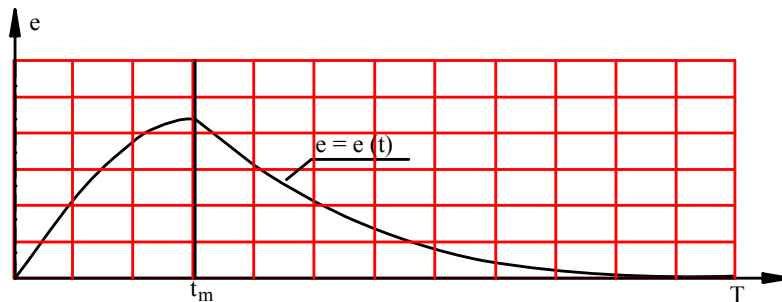
$$Q_{\max} = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \sqrt{H_t} \cdot \frac{t}{t_m} = \frac{4C\sqrt{H}}{T(2-k_m)} \cdot \frac{2}{3} H \cdot \frac{T\sqrt{(2-k_m)k_m}}{\sqrt{3}k_m T}$$

$$\Rightarrow Q_{\max} = \frac{8}{3\sqrt{3}} \frac{C.H}{T\sqrt{(2-k_m)k_m}} \quad (\text{Công thức 4-44 cần chứng minh})$$

**\* Năng lượng lớn nhất  $e_{\max}$ :**

Theo giáo sư Mikhailốp, lúc cửa van mở từ từ và hệ số  $\mu$  biến đổi theo đường thẳng thì Năng lượng lớn nhất của dòng chảy vào buồng âu  $e_{\max}$  (không tính đến tổn thất trong cống dẫn hoặc ở buồng tiêu năng) tính theo 2 trường hợp sau:

Khi  $t_m \leq 0,24T$ :  $e_{\max}$  sẽ xuất hiện vào lúc van vừa mở hoàn toàn



**Hình 4. 29: Năng lượng đơn vị của dòng chảy khi  $t_m < 0,24T$**

$$e_{\max} = 32 \cdot \frac{\gamma \cdot C \cdot H^2}{T} \frac{(1-k_m)^3}{(2-k_m)^4} \quad (4-46)$$

Vào thời điểm: 
$$\begin{cases} t = t_m = k_m \cdot T \\ H_t = H_m = 4 \cdot \left( \frac{1-k_m}{2-k_m} \right)^2 H \end{cases} \quad (4-47)$$

**Chứng minh công thức (4-46) (4-47):**

Tại thời điểm mở van hoàn toàn  $t = t_m = k_m \cdot T$  ta có:

- Mức nước chênh lệch theo công thức (4-47):  $H_m = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{2C} \cdot \frac{t_m}{2} \right)^2$  thay  $\frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4C} = \frac{\sqrt{H}}{T(2-k_m)}$  vào ta có:  $\rightarrow H_m = \left( \sqrt{H} - \frac{\sqrt{H}}{T(2-k_m)} \cdot k_m \cdot T \right)^2 = \left( 1 - \frac{k_m}{2-k_m} \right)^2 \cdot H$

$$\Rightarrow H_m = 4 \cdot \left( \frac{1-k_m}{2-k_m} \right)^2 \cdot H \quad (4-47-2)$$

- Lưu lượng theo công thức (4-49-1) xuất hiện tại thời điểm  $t = t_m$ :  $Q_m = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \sqrt{H_m}$ , thay (4-47-2) vào ta có:

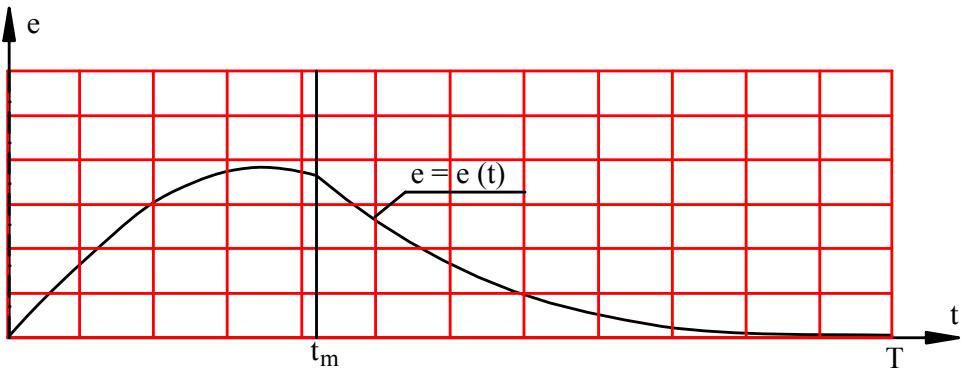
$$Q_m = \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \cdot 2 \cdot \left( \frac{1-k_m}{2-k_m} \right) \cdot \sqrt{H} = \frac{4C\sqrt{H}}{T(2-k_m)} \cdot 2 \cdot \left( \frac{1-k_m}{2-k_m} \right) \cdot \sqrt{H} = \frac{8C \cdot H}{T} \cdot \frac{1-k_m}{(2-k_m)^2}$$

- Từ đó ta có năng lượng lớn nhất tại thời điểm này là: Thay thời gian và cột nước chênh lệch tìm được ở trên vào công thức  $e(t) = \gamma \cdot Q(t) \cdot H_i(t)$  ta có:

$$e_{\max} = \gamma \cdot \frac{8C \cdot H}{T} \cdot \frac{1-k_m}{(2-k_m)^2} \cdot 4 \cdot \left( \frac{1-k_m}{2-k_m} \right)^2 \cdot H$$

$$\Rightarrow e_{\max} = 32 \cdot \frac{\gamma \cdot C \cdot H^2}{T} \cdot \frac{(1-k_m)^3}{(2-k_m)^4} \quad (4-46) \text{ (Công thức cần chứng minh)}$$

Khi  $t_m > 0,24T$ :  $e_{\max}$  sẽ xuất hiện vào lúc đang mở van



Hình 4.31: Năng lượng đơn vị của dòng chảy khi  $t_m > 0,24T$

$$e_{\max} = \frac{864}{343\sqrt{7}} \frac{CH^2}{T\sqrt{\sqrt{(2-k_m)k_m}}} \quad (4-48)$$

Vào thời điểm: 
$$\begin{cases} t = \frac{T}{\sqrt{7}} \sqrt{(2-k_m)k_m} \\ H_i = \frac{36}{49} H \end{cases} \quad (4-49)$$

Chứng minh công thức (4-48) (4-49):

Trong trường hợp mở van từ từ ta có năng lượng đơn vị dòng cấp tháo lớn nhất khi đang mở van. Theo toán học, cực trị của một hàm số thường là tại điểm mà đạo hàm bậc nhất của hàm số bằng 0, ta có năng lượng dòng cấp tháo theo công thức (4-40-1):

$$e(t) = \gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right)^3 \cdot \frac{t}{t_m}$$

Đạo hàm bậc nhất:

$$\begin{aligned} \frac{de(t)}{dt} &= \frac{\gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{t_m} \left[ \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right)^3 - 3 \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right)^2 \cdot \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{2.t}{t_m} \cdot t \right] \\ &= \frac{\gamma \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{t_m} \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right)^2 \left[ \sqrt{H} - 7 \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right] \end{aligned}$$

$$\frac{de(t)}{dt} = 0 \text{ khi } \sqrt{H} = 7 \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m}$$

$$\rightarrow t^2 = \frac{\sqrt{H} \cdot t_m}{7 \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C}} = \frac{\sqrt{H} \cdot t_m}{7 \frac{\sqrt{H}}{T(2-k_m)}} = \frac{T(2-k_m) \cdot k_m}{7}$$

$$\Rightarrow t = \frac{T}{\sqrt{7}} \sqrt{(2-k_m) \cdot k_m} \quad (4-49-1)$$

Vào thời điểm này:

- Mức nước chênh lệch theo công thức (3-49-1):

$$H_t = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{t^2}{t_m} \right)^2 = \left( \sqrt{H} - \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}{4.C} \cdot \frac{T^2(2-k_m) \cdot k_m}{7 \cdot t_m} \right)^2 = \left( \sqrt{H} - \frac{\sqrt{H}}{T(2-k_m)} \cdot \frac{T(2-k_m) \cdot k_m}{7} \right)^2$$

$$\Rightarrow H_t = \frac{36}{49} H \quad (4-49-2)$$

- Lưu lượng dòng cấp tháo theo công thức:

$$\begin{aligned} Q_t &= \mu \cdot \omega \sqrt{2g} \sqrt{H_t} \cdot \frac{t}{t_m} = \frac{4C \sqrt{H}}{T(2-k_m)} \frac{6}{7} H \frac{T \sqrt{(2-k_m) \cdot k_m}}{\sqrt{7} \cdot k_m \cdot T} \\ \Rightarrow Q_t &= \frac{24}{7\sqrt{7}} \frac{C \cdot H}{T \sqrt{(2-k_m) \cdot k_m}} \end{aligned}$$

: \* Tìm  $e_{\max}$ : Thay thời gian và cột nước chênh lệch tìm được ở trên vào công thức

$e(t) = \gamma \cdot Q(t) \cdot H_t(t)$  ta có:

$$e_{\max} = \gamma \cdot \frac{24}{7\sqrt{7}} \frac{CH}{T\sqrt{(2-k_m)k_m}} \frac{36}{49} H$$

$$\Rightarrow e_{\max} = \frac{864}{343\sqrt{7}} \frac{\gamma \cdot CH^2}{T\sqrt{(2-k_m)k_m}} \quad (\text{Công thức 4-48 cần chứng minh})$$

\* Độ biến thiên của lưu lượng  $\frac{dQ}{dt}$

Độ tăng lưu lượng dòng chảy vào buồng âu hoặc từ buồng âu tháo ra khi hệ số lưu lượng thay đổi theo đường thẳng và vận tốc mở van cố định, có vào lúc bắt đầu cấp nước, nghĩa là khi cột nước chênh lệch lớn nhất.

Trị số đó bằng:

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{\max}^+ = \frac{\mu \cdot \omega \sqrt{2gH}}{t_m} = \frac{4 \cdot C \cdot H}{T^2(2-k_m)k_m} \quad (4-60)$$

Độ giảm xuống của lưu lượng theo thời gian sẽ lớn nhất khi mở van hoàn toàn. Trong khoảng thời gian của cả thời kỳ làm đầy buồng với van mở hoàn toàn, trị số này sẽ ổn định và bằng:

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{\max}^- = -\frac{\mu^2 \cdot \omega^2 g}{C} = -\frac{8 \cdot C \cdot H}{T^2(2-k_m)^2} \quad (4-61)$$

#### 4.11. Kiểm tra thời gian mở van và vận tốc mở van ở hệ thống cấp tháo nước tập trung

Trong quá trình cấp tháo nước âu tàu, có thể mở van cấp tháo theo 2 phương pháp:

- Mở van đều liên tục trong suốt khoảng thời gian  $t_m$  ( $v = \text{const}$ )
- Mở van tăng dần tốc độ

Phương pháp mở van đều liên tục có ưu điểm là thiết bị đơn giản nhưng thời gian cấp tháo nước lâu. Ngược lại mở van tăng dần tốc độ rút ngắn được thời gian cấp tháo nước, nhất là những âu lớn, nhưng trang thiết bị lại phức tạp.

Ở đây ta chỉ xét trường hợp mở van đều liên tục.

##### 4.11.1. Theo điều kiện đậu tàu trong âu:

Trong phần trước ta đã đề cập lực thủy động tác dụng lên tàu do hiện tượng thủy lực cục bộ sinh ra  $P = P_1 + P_2 + P_3$  và kết luận là  $P = P_3$

$$\left[\frac{1}{n}\right] = \frac{1}{R} = \frac{R_{cf}}{W} \quad \text{hay} \quad R_{cf} = \frac{W}{[n]}$$

Để đảm bảo cho tàu đậu trong buồng âu được an toàn khi cấp tháo nước thì yêu cầu  $P \leq R_{cf}$

$$\text{Hay: } \frac{W}{g(f_a - f_t)} \left(\frac{dQ}{dt}\right)_{\max} \leq \frac{W}{[n]}$$

Thay giá trị  $\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{\max}$  từ công thức (4-60), (4-61) ta có:

$$t_m'' \geq \frac{[n] \mu \omega \sqrt{2H}}{\sqrt{g \cdot (f_a - f_t)}} \quad (4-62)$$

$$T \geq \sqrt{\frac{4 \cdot k_Q \cdot [n] \Omega \cdot H}{\sqrt{g \cdot (f_a - f_t)} (2 - k_m)}}$$

Công thức trên dùng để tính thời gian mở van kiểu lỗ ngập nước, tốc độ mở van là:

$$n = \frac{h_0}{t_m}$$

Trong đó:

$$h_0 = \frac{\omega}{\Sigma b_0} \text{ là chiều cao mở van}$$

$\omega$ : diện tích tiết diện ngang công dẫn nước

$\Sigma b_0$ : tổng bề rộng công dẫn nước

Do đó, tốc độ mở van sẽ là:

$$n = \frac{\sqrt{g \cdot (f_a - f_t)}}{[n] \mu \cdot \Sigma b_0 \sqrt{2H}} \quad (4-63)$$

Trong công thức (4-62),  $k_Q$  là hệ số thay đổi độ tăng lưu lượng theo thời gian của dòng chảy vào buồng âu, phụ thuộc vào loại cửa van và hệ số lưu lượng  $\mu$ , được lấy theo bảng:

**Bảng 4.3: Hệ số thay đổi độ tăng lưu lượng  $k_Q$**

Loại van	Trị số $k_Q$ với $\mu$ tương ứng			
	$\mu = 0,40$	$\mu = 0,60$	$\mu = 0,70$	$\mu = 0,80$
Phẳng	1,42	1,20	1,03	0,90
Van cung	1,64	1,43	1,24	1,10
Quay	1,04	0,87	0,74	0,66
Trụ	1,98	1,68	1,42	0,66

**4.11.2. Theo điều kiện đập tàu trong kênh:**

Điều kiện tính toán của đập tàu trong kênh khác với trong buồng âu là:

- Ở sau tàu (đập ở kênh dưới) không có gì che chắn.
- Diện tích mặt cắt ướt của kênh lớn và cố định.

Khi tính toán sơ bộ có thể sử dụng công thức gần đúng sau:

$$P = \frac{\beta \cdot W}{g(f_k - f_t)} \left(\frac{dQ}{dt}\right)_{\max} \quad (4-64)$$

Ở đây  $\beta = 1 \div 2$  là hệ số dự trữ

Thay giá trị  $\left(\frac{dQ}{dt}\right)^{\max}$  vào (4-64) ta có:

4.11.2.1. Thời gian tối thiểu mở cửa van dẫn nước:

$$t_m \geq \frac{k_v \cdot \beta \cdot [n] \cdot \mu \cdot \omega \sqrt{2H}}{\sqrt{g} \cdot (f_k - f_t)} \quad (4-64)$$

4.11.2.2. Tốc độ nâng cửa van tối đa:  $(n = \frac{h_0}{t_m})$

$$n = \frac{\sqrt{g} \cdot (f_k - f_t)}{k_v \cdot \beta \cdot [n] \cdot \mu \cdot \sum b_0 \sqrt{2H}} \quad (4-66)$$

4.11.2.3. Thời gian tối thiểu làm đầy và làm cạn buồng âu.

$$T = \sqrt{\frac{k_v \cdot \beta \cdot [n] \cdot k_Q \cdot \Omega \cdot H}{\sqrt{g} \cdot (f_k - f_t) (2 - k_m) k_m}} \quad (4-67)$$

Trong đó:

$k_v$ : hệ số kể đến ảnh hưởng của vận tốc dọc trong kênh.

$k_v = 1,1$  (với kênh thượng lưu)

$k_v = 1,3$  (với kênh hạ lưu)

## 4.12. Tính kích thước thiết bị tiêu năng

Thiết bị tiêu năng của âu tàu với hệ thống cấp tháo nước tập trung chia ra làm 2 phần chính (hình 4.30):

+ Buồng tiêu năng: khoảng không gian giữa cửa cống dẫn nước và vật tiêu năng.

+ Đoạn nước trăn tĩnh ở sau vật tiêu năng (đoạn này không tính vào chiều dài có lợi của buồng âu).

Sự làm việc của buồng tiêu năng được đặc trưng bởi sự tiêu hao năng lượng trong buồng âu của dòng chảy. Với những loại tiêu năng hiện đại, năng lượng tiêu hao ở buồng tiêu năng là 4 ÷ 10%, còn ở đoạn nước trăn tĩnh là 3 ÷ 4% toàn bộ năng lượng của dòng chảy vào buồng âu.

### 4.1.2.1 Thể tích buồng tiêu năng:

Van mở đều, chảy ngập trong cả thời kỳ làm đầy buồng âu:

$$V = \frac{9,3 \cdot A \cdot \Omega \cdot H^2}{T \sqrt{k_m (2 - k_m)}} \quad (4-68)$$

Van mở đều, lúc đầu chảy không ngập:

$$V = \frac{11,3 \cdot A \cdot \sqrt{\mu \cdot \omega \cdot \Omega \cdot \sqrt{Hm} \cdot H^3}}{\sqrt{k_m \cdot T}} \quad (4-69)$$

+  $H_m$ - chiều cao từ mép trên cống dẫn đến cao trình mực nước thượng lưu.

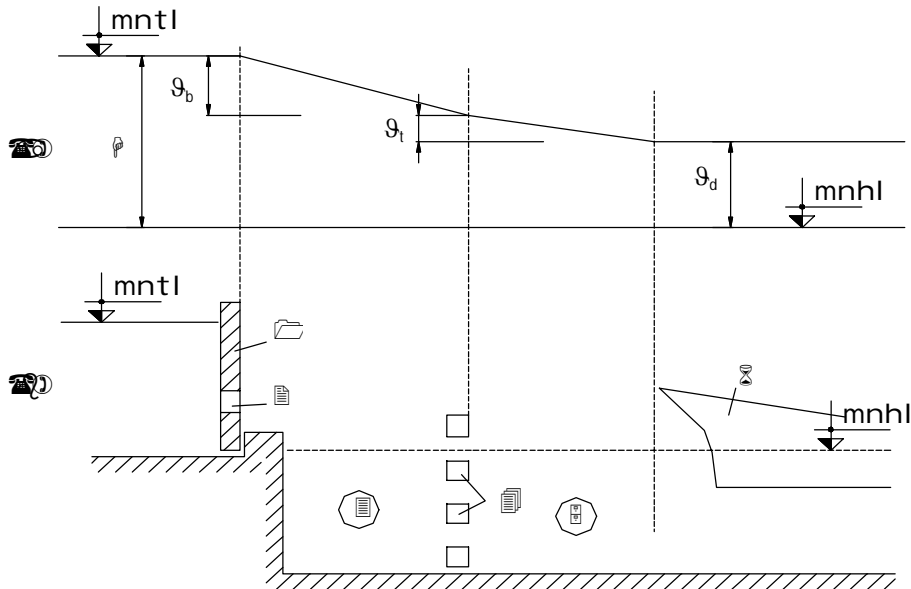
Trường hợp tổng quát:

$$V = A \cdot e_{\max} \quad (4-70)$$

Trong đó:

A- hệ số phụ thuộc vào sự hoàn thiện của thiết bị tiêu năng. Với những thiết bị tiêu năng hiện đại  $A = 0,20 \div 0,24$

$e_{\max}$ - năng lượng cực đại của dòng nước chảy vào buồng âu, xác định theo đường đặc tính thủy lực của hệ thống cấp thoát nước.



**Hình 4. 30: Sơ đồ thiết bị tiêu năng của đầu âu trên và đồ thị biểu diễn sự thay đổi năng lượng dòng nước dọc theo buồng âu.**

- 1- Cửa âu trên.
- 2- Lỗ cấp nước.
- 3- Buồng tiêu năng.
- 4-Thanh tiêu năng.
- 4-Đoạn nước trăn tĩnh.
- 6-Tàu đậu trong buồng âu.

$\epsilon_b$  - Năng lượng tiêu hao ở buồng tiêu năng.

$\epsilon_t$  - Năng lượng tiêu hao ở đoạn nước trăn tĩnh.

$\epsilon_d$  - Năng lượng dư của dòng chảy ở cuối đoạn nước trăn tĩnh.

**4.12.2. Chiều dài đoạn nước trăn tĩnh:**

Trường hợp mở van đều, chảy ngập trong suốt thời kỳ làm đầy buồng âu:

$$L_{tt} = \frac{9,3 \cdot \beta \cdot L_b \cdot H^2}{T \cdot \sqrt{km(2 - km)} \cdot \sqrt{S_b + 0,265H}} \quad (4-71)$$

Trường hợp mở van đều, lúc đầu chảy không ngập:

$$L_{tt} = 11,3\beta \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega \cdot L_b \cdot \sqrt{Hm}}{km T \cdot S_b}} \cdot \frac{H^{3/2}}{(S_b + 0,333H)} \quad (4-72)$$



Tổng quát:  $L_{tt} = \beta \cdot e_{\max}$

Trong đó:

$\beta$ - hệ số phụ thuộc vào chất lượng làm việc của thiết bị tiêu năng, với những vật tiêu năng tốt  $\beta = 0,20 \div 0,24$ .

$e_{\max}$ - trị số năng lượng riêng lớn nhất của dòng nước chảy vào buồng âu, được xác định bởi đường đặc trưng thủy lực.

$S_b$ - độ sâu có lợi của buồng âu.

T - thời gian cấp thoát nước.

Chương 5

# KẾT CẤU ĐẦU ÂU

## 5.1. Các kích thước của đầu âu:

### 5.1.1. Cao trình đáy đầu âu thượng, hạ lưu:

5.1.1.1. Cao trình đáy đầu âu thượng lưu:

$$\downarrow \text{Đáy đầu au TL} = \downarrow \text{MN đong TL}_{\min} - S_b \quad (5-1)$$

Thông thường khi tính toán ta thường có cao trình đáy đầu âu thượng lưu cao hơn cao trình đáy kênh dẫn tàu thượng lưu (do độ sâu có lợi buồng âu thường nhỏ hơn độ sâu chạy tàu an toàn trên kênh), tuy nhiên để tiện cho thi công ta có thể lấy bằng cao trình đáy kênh dẫn tàu thượng lưu. (Xem phần kích thước kênh dẫn tàu)

5.1.1.2. Cao trình đáy đầu âu hạ lưu:

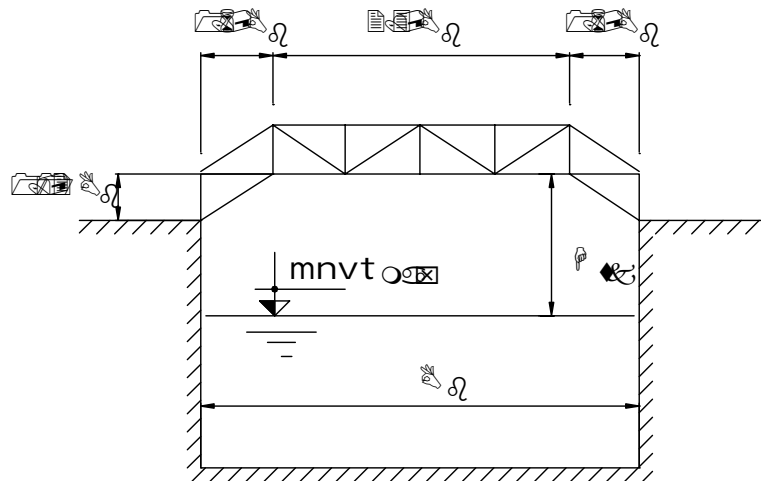
Cao trình đáy đầu âu hạ lưu lấy bằng cao trình đáy buồng âu:

$$\downarrow \text{Day dau au HL} = \downarrow \text{Day au} = \downarrow \text{MN đong HL}_{\min} - S_b \quad (5-2)$$

5.1.1.3. Cao trình của cửa đầu âu trên:

Thường cao hơn mực nước thượng lưu ít nhất là 0,15m. Nếu có sóng lớn do gió thì lấy  $\delta = 0,5m$ .

### 5.1.2. Độ cao của cầu bắc qua âu:



Hình 5. 1 : Cầu bắc qua âu

- Khi xây dựng cầu qua âu phải chú ý đến độ cao của cầu kể từ mực nước vận tải cao nhất để đảm bảo tàu bè qua lại dễ dàng. Độ cao đó gọi là độ tĩnh không của cầu ( $H_{tk}$ )

- Để giảm bớt kinh phí và độ tĩnh không người ta thường xây dựng cầu ở đầu âu dưới.

-  $H_{tk}$  cần phải được đảm bảo trên cả bề rộng  $2/5B_b$ , phần còn lại mỗi bên  $1/16B_b$  cho phép giảm dần chiều cao tới trị số  $\leq 1/12B_b$

Theo quy phạm của Liên Xô (cũ),  $H_{tk}$  được lấy như sau:

**Bảng 5.1: Xác định chiều cao tính không theo cấp đường sông**

Cấp đường sông	I	II	III	IV	V
$H_{TK}$ (m)	/15,5	12,5	10	10	7

Ngoài ra còn có chiều dài âu và các kích thước khác phụ thuộc rất lớn vào loại cửa, sẽ được xem xét ở phần sau.

## 5.2. Một số dạng kết cấu đầu âu

### 5.2.1. Khái niệm chung:

Như trong chương I đã đề cập, đầu âu là một công trình ngăn nước, làm cho buồng âu tách rời thượng, hạ lưu và làm cho buồng âu có mực nước ngang bằng với mực nước thượng, hạ lưu để tàu bè đi từ thượng lưu xuống hạ lưu hay ngược lại.

Vì vậy ở đầu âu có đặt cửa âu, xây thiết bị phụ và hệ thống thiết bị quản lý âu tàu, thiết bị cấp tháo nước, cửa sửa chữa...

Đầu âu có nhiều dạng kết cấu và nó phụ thuộc các yếu tố sau:

- + Hệ thống cấp tháo nước.
- + Cửa âu và thiết bị đóng mở van.
- + Cầu giao thông ở trên.
- + Điều kiện địa chất của đất nền.
- + Các thiết bị quản lý âu.

Vì thế, muốn bố trí đầu âu cần phải chọn trước các thiết bị, định ra các phương án bố trí khác nhau rồi qua so sánh kinh tế kỹ thuật, chọn ra phương án hợp lý nhất.

Chú ý:

- Mặt trong ường đầu âu bao giờ cũng phải thẳng đứng để bố trí cửa âu và đặt cửa sự cố dễ dàng.

- Trường hợp cột nước nhỏ ( $H < 2m$ ) thì bố trí đầu âu trên và đầu âu dưới giống nhau để đơn giản việc thiết kế và dự trù thiết bị.

- Trên nền không phải là đá phải xây đầu âu bê tông ít cốt thép kiểu đáy liên kết để đảm bảo điều kiện làm việc của cửa âu, điều kiện ổn định trượt của đầu âu và điều kiện giảm áp lực trên nền.

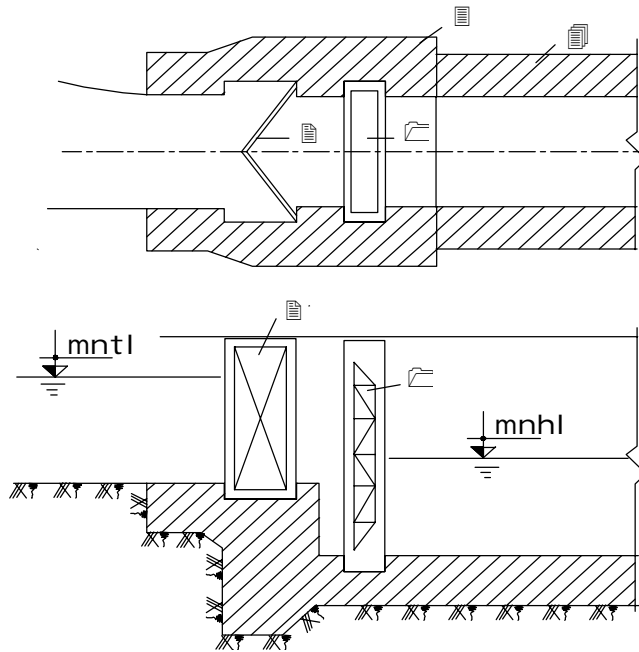
- Cố gắng rút ngắn chiều dài đầu âu và bề dày tường đầu âu.

- Kích thước tính toán để đảm bảo độ bền và độ ổn định của đầu âu có thể nhỏ hơn kích thước để bố trí thiết bị, vì vậy phải chú ý sao cho phù hợp cả 2 kích thước đó.

### 5.2.2. Đầu âu trên:

#### 5.2.2.1. Trường hợp không có cống dẫn nước:

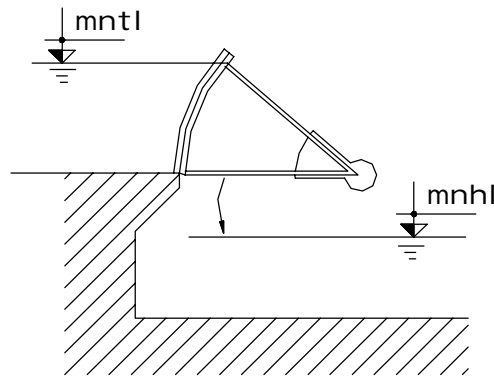
Loại cửa phẳng kéo lên (hình 2.15)



**Hình 5. 2: Đầu âu không có cống dẫn nước với cửa phẳng.**

- 1- Cửa âu.
- 2- Cửa sửa chữa.
- 3- Cửa xả.
- 4- Tường buồng âu.
- 5- Tường đầu âu.

Loại cửa hình cung (hình 2.14)



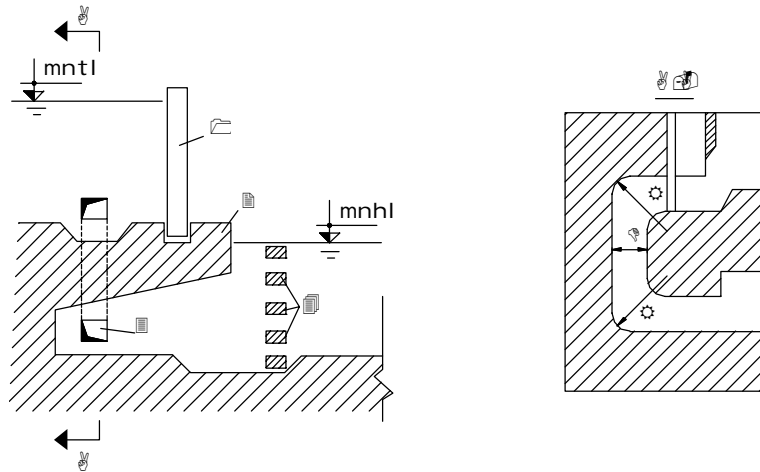
**Hình 5. 3: Cửa hình cung ở đầu âu trên.**

Đầu âu loại cửa hình cung có chiều dài khá lớn:  $L_d = (1,5 \div 2)H$ . Nếu căn cứ vào điều kiện ổn định trượt của đầu âu và điều kiện phân bố đều áp lực trên nền mà chiều dài  $L_d$  chưa đủ thì phải kéo dài đầu âu về phía buồng âu.

5.2.2.2. Trường hợp có cống dẫn nước:

**a. Bố trí cống dẫn nước trong mặt phẳng đứng:**

Khi tường vây tương đối cao ta bố trí cống dẫn nằm trong mặt phẳng đứng, trường hợp này chiều dài đầu âu sẽ ngắn.



**Hình 5. 4: Đàu âu có cống dẫn nước nằm trong mặt phẳng đứng.**

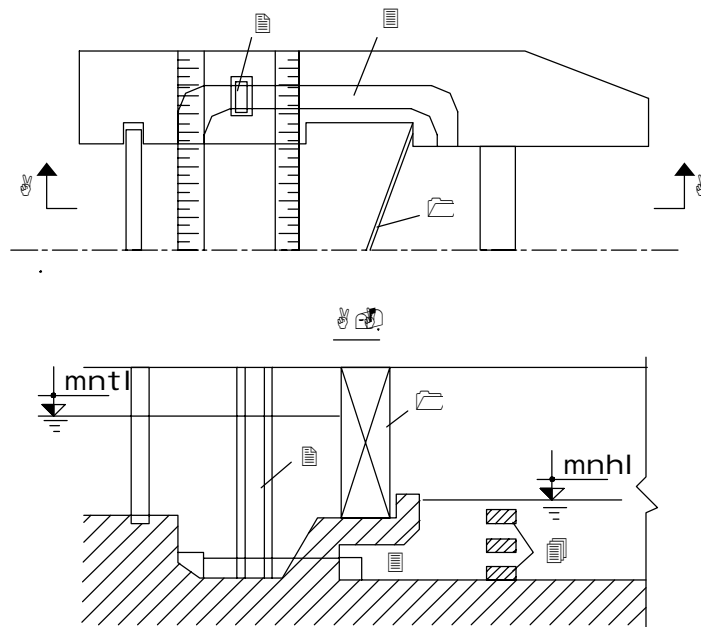
- 1- Cửa âu .                      4- Thiết bị tiêu năng.
- 2- Tường vây.                 5- Van.
- 5- Cống dẫn nước.

Van cống dẫn nước là van phẳng, vì vậy yêu cầu đoạn cống dẫn nước theo mương cửa cần bằng phẳng để dễ dàng bố trí.

Sau đoạn này cống dẫn nước được uốn cong trong mặt phẳng đứng với bán kính  $R = (2,2 \div 2,5)D$  (D - là đường kính cống dẫn).

**b. Bố trí cống dẫn nước trong mặt phẳng ngang:**

Khi tường vây thấp thì cống dẫn nước được bố trí trong mặt phẳng ngang, cửa van trong trường hợp này thường là cửa phẳng, bố trí kiểu này chiều dài đầu âu lớn.

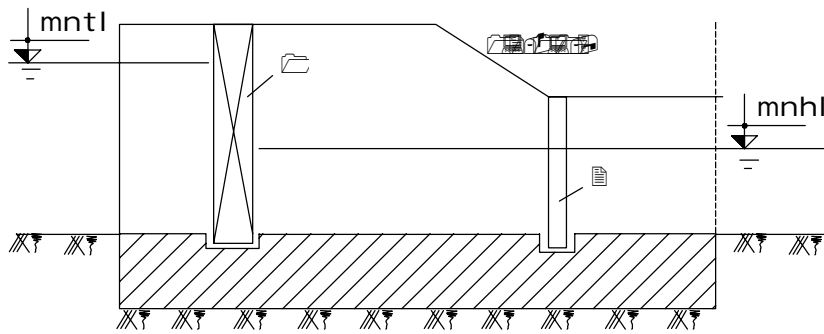


**Hình 5. 5: Đàu âu trên có cống dẫn nước nằm trong mặt phẳng ngang.**

- 1- Cửa âu.                         5- Cống dẫn nước.
- 2- Van cấp nước.               4- Thanh tiêu năng.

**5.2.3. Đàu âu dưới:**

Ở đầu âu dưới thông thường dùng cửa chữ nhân hoặc cửa phẳng kéo lên, kéo ngang. Đầu âu dưới có thể bố trí cống dẫn nước trong tường hoặc tháo nước qua lỗ ở cửa.



**Hình 5. 6 : Đầu âu dưới không có cống dẫn nước.**

1- Cửa âu.

2- Phai sửa chữa.

- Chiều sâu mương cửa từ mặt ngưỡng trở xuống  $z_m = 0,7 \div 1,0m$ .

- Bề rộng tính toán của đáy mô biên đầu âu dưới thông thường chỉ lớn hơn bề rộng tường buồng 1 giá trị  $\Delta b \leq z_m$ .

- Bề rộng đỉnh mô bên tại chỗ liên kết với tường âu phụ thuộc vào phương thức liên kết. Phương thức liên kết phụ thuộc vào điều kiện ổn định trượt của đầu âu.

Khi đã đảm bảo điều kiện ổn định trượt của đầu âu thì kích thước mô bên nối tiếp có thể lấy bằng kích thước tường buồng âu.

Trong đoạn mương cửa, bề rộng đỉnh mô bên và hình dáng bề ngoài của nó phụ thuộc vào tình hình xây lắp thiết bị đóng mở cửa âu.

Kích thước mặt đỉnh của đoạn chống đỡ (đoạn tựa của cửa) phụ thuộc vào phương thức đặt ổ trục đỉnh của âu.

Trên nền không phải là đá, chiều dày đáy âu kiểu liên kết dựa theo điều kiện làm việc của âu có thể lấy sơ bộ theo biểu thức:

$$\left. \begin{aligned} h_d &= \left( \frac{1}{4} \div \frac{1}{3} \right) h_{mb} \\ h_d / \left( \frac{1}{7} \div \frac{1}{6} \right) B_d^{\max} \end{aligned} \right\} \quad (5-5)$$

Trong đó:

$h_d$ : chiều dày đáy đầu âu.

$h_{mb}$ : chiều cao tự do của mô bên.

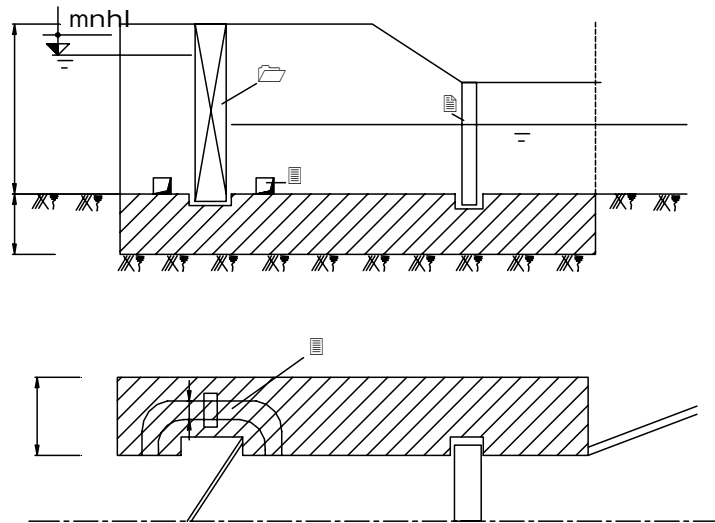
$B_d^{\max}$ : chiều rộng lớn nhất của đầu âu.

Trị số:  $\frac{1}{6}$  dùng cho đất sét.

$\frac{1}{7}$  dùng cho đất cát.

Nếu mô bên của đầu cầu dưới có cống dẫn nước đi qua thì đáy mô bên phải được mở rộng để bố trí cống, cửa van.

Bề rộng đáy mô bên tại mặt cắt yếu nhất của đoạn mương cửa có thể lấy sơ bộ bằng  $(2 \div 2,5)$  lần chiều rộng cống dẫn nước.



**Hình 5. 7 : Đầu cầu dưới có cống dẫn nước trong tường**

- 1- Cửa cầu
- 2- Phai sửa chữa
- 5- Cống dẫn nước

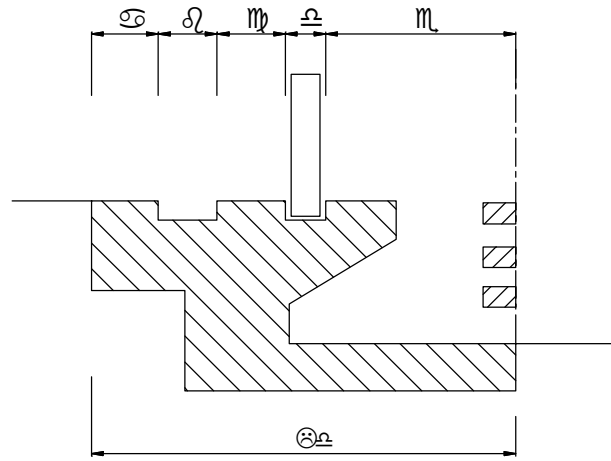
- Nếu chiều dài đầu cầu đủ để bố trí thiết bị đóng mở và hệ thống cấp tháo nước nhưng không đảm bảo điều kiện ổn định trượt hoặc điều kiện phân bố đều của áp lực nên thì phải kéo dài đầu cầu về phía buồng cầu.

- Đầu cầu đã được kéo dài mà vẫn không đảm bảo điều kiện ổn định trượt (khi đầu cầu đặt trên nền đất mềm chẳng hạn) thì phải làm chân khay ở dưới đầu cầu hoặc dùng dây neo nối liền đầu cầu với tường buồng cầu lân cận (nếu có)

- Để giảm áp lực của nước ngầm đối với đầu cầu ở đoạn nối tiếp giữa đầu cầu và buồng cầu, ta mở rộng tường buồng cầu gần bằng tường đầu cầu, hoặc xây cống thoát nước thông với hạ lưu (trong đáy cầu và trong mô bên đầu cầu)

**5.2.4. Sơ bộ định kích thước:**

5.2.4.1. Đầu cầu có cửa phẳng kéo lên:



**Hình 5. 8: Sơ đồ định kích thước đầu cầu có cửa phẳng kéo lên.**

Chiều dài đầu cầu:

$$L_d = a + b + c + d + e \quad (5-4)$$

Trong đó:

a: khoảng cách dự trữ  $a = 0.5 \div 1,0m$ .

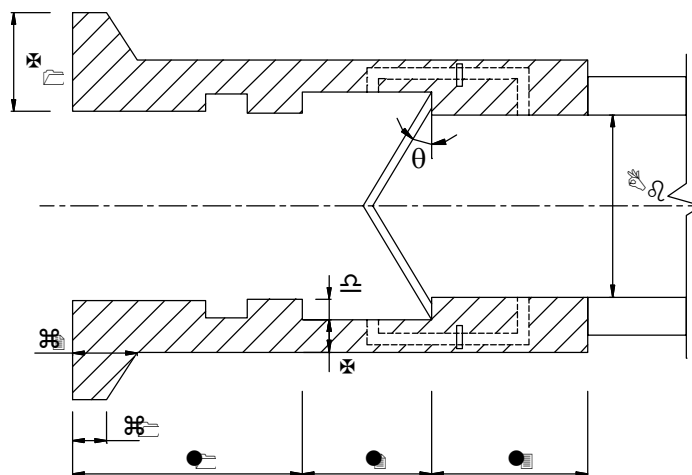
b: chiều rộng rãnh đặt phai  $b = \frac{1}{20} B_b$

c: Chiều dài đoạn công tác  $c = 1,5 \div 2,0m$ .

d: chiều rộng rãnh cửa  $d = \left(\frac{1}{10} \div \frac{1}{8}\right) B_b$ .

e: khoảng cách để bố trí thiết bị tiêu năng  $e = 1 \div 2m$ .

#### 5.2.4.2. Đầu cầu cửa chữ nhân:



**Hình 5. 9 : Sơ đồ xác định kích thước đầu cầu có cửa chữ nhân.**

Chiều dài đầu cầu:

$$L_d = l_1 + l_2 + l_5 \quad (5-5)$$

$l_1$ : bộ phận cửa vào:  $l_1 = \frac{1}{2} H$  với đầu cầu trên.



$$l_1 = \frac{1}{3}H \text{ với đầu âu dưới.}$$

$l_2$ : bộ phận mương cửa:

$$l_2 = (1,1 \div 1,2) \frac{B_d + 2d}{2 \cos \theta} \quad (5-6)$$

Trong đó:

$d$ : chiều sâu khe cửa, khe phai thường lấy  $d = 0,1B_b$  ( $\approx 0,5 \div 0,7m$ )

$\theta = 20 \div 22^\circ$  góc nghiêng của cửa.

$l_5$ : bộ phận chống đỡ.

$l_5 = (0,5 \div 0,7)H_t$  với đầu âu trên.

$l_5 = H_t$  với đầu âu dưới.

$H_t$  chiều cao tự do của tường âu.

X- Chiều dày tường đầu âu,  $x = (2 \div 2,5)$  chiều rộng cống dẫn nước (do tính toán thủy lực định ra).

$X_1$ : chiều rộng tường cánh gà:  $x_1 = mH_t + 1$  mét

với  $m = 1,5 \div 2$  mái dốc kênh dẫn.

$z_1$ : chiều dày mút tường cánh gà,  $z_1 = 1,5 \div 2,0m$ .

$z_2$ : chiều dày tường cánh gà tại chỗ tiếp giáp với tường đầu âu  $z_2 = 0,5H_t$ .

### 5.3. Một số thiết bị, chi tiết phụ của đầu âu.

#### 5.3.1. Cửa âu:

Cửa âu được bố trí tại đầu âu nhằm ngăn nước từ thượng lưu chảy xuống hạ lưu trên đường tàu ra vào âu và có khi còn để cấp tháo nước vào âu. Vì vậy yêu cầu đối với cửa âu là:

- Không được rò rỉ.
- Đóng mở nhanh chóng, tiện lợi.
- Kết cấu vững chắc nhưng phải đơn giản để dễ chế tạo và sửa chữa.
- Có hệ thống cấp tháo nước hợp lý (trường hợp cấp tháo nước qua cửa)
- Phí tổn xây dựng và quản lý ít.

Phân loại:

#### 5.3.1.1. Dựa theo cấu tạo và cách đóng mở:

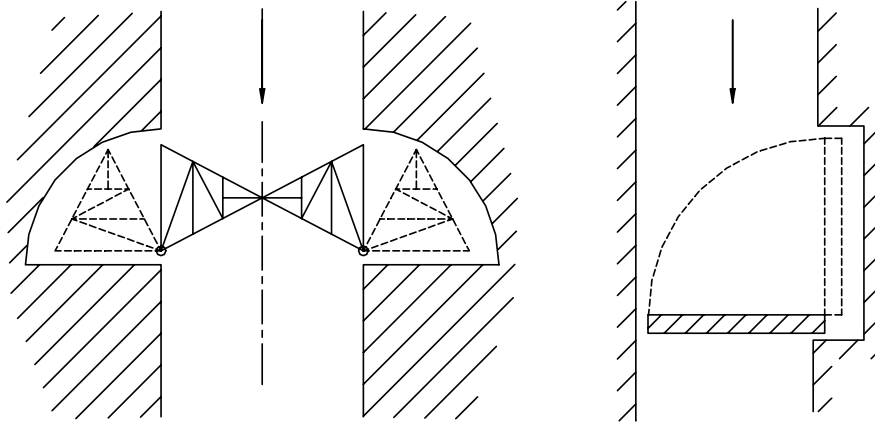
##### a. Cửa quay quanh trụ đứng

\* Cửa chữ nhân: là loại cửa thường dùng nhất vì có ưu điểm là rẻ tiền, đóng mở nhanh, lực đóng mở cửa nhẹ, song có nhược điểm là nhạy cảm với độ lún đầu âu, đầu âu bị kéo dài.

- Loại này dùng ở những âu tàu có chiều rộng buồng âu và cột nước chênh lệch lớn.

\* Cửa tam giác (H 5.10): dùng ở vùng chịu ảnh hưởng của thủy triều, chịu áp lực nước 2 chiều, có thể lấy nước qua cửa. ở loại này lực đóng mở nhỏ nhưng khối lượng công trình lớn nên ít được dùng.

\* Cửa phẳng một cánh (H 5.10): loại này chế tạo đơn giản, ít chịu ảnh hưởng của lún, nhưng đóng mở chậm và kéo dài đầu cầu.

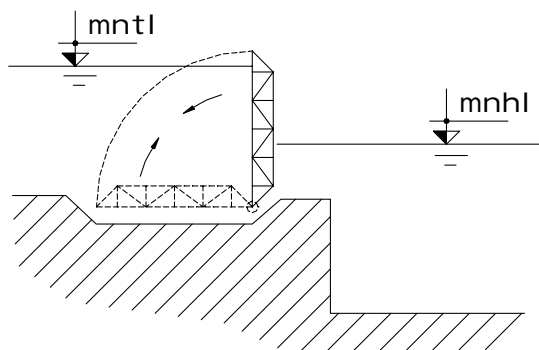


**Hình 5. 10 : Cửa tam giác và cửa phẳng một cánh**

**b. Cửa quay theo trục nằm ngang:**

\* Cửa hình cung : loại này dễ đóng mở nhưng kết cấu phức tạp, thường dùng ở đầu cầu trên có tường vây.

\* Cửa phẳng đặt nằm (Hình 5.11)



**Hình 5. 11 : Cửa phẳng đặt nằm**

**c. Cửa phẳng trượt theo đường thẳng đứng:**

Loại này gồm có cửa phẳng kéo lên hoặc hạ xuống

- Cửa phẳng trượt theo đường thẳng đứng:

Loại này gồm có cửa phẳng kéo lên hoặc hạ xuống.

- Cửa phẳng kéo lên thường dùng ở đầu cầu dưới có cột nước lớn.

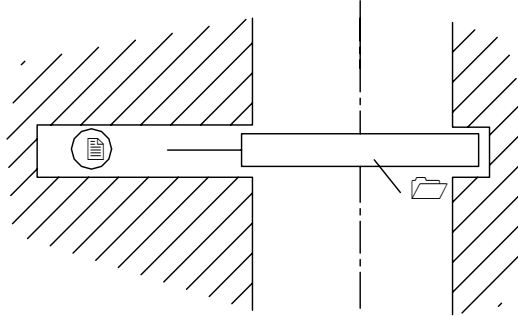
- Cửa phẳng hạ xuống thường dùng ở đầu cầu trên có tường vây (xem hình 5.10)

- Cửa phẳng kéo lên hạ xuống có ưu điểm là rút ngắn chiều dài đầu cầu, chịu được áp lực nước 2 chiều, nhưng phải làm trụ cửa khá cao và lực đóng mở lớn.

**d. Cửa phẳng kéo ngang:**

Loại cửa này thường được dùng nơi có ảnh hưởng thủy triều, chịu áp lực nước 2 chiều:(đã được áp dụng ở cầu xe - hải dương.

- \* Ưu điểm:
  - Rút ngắn chiều dài đầu âu.
  - Đóng mở nhanh, nhẹ nhàng.
- \* Nhược điểm:
  - Cấu tạo khe cửa phức tạp
  - Bố trí cống dẫn nước tại buồng cửa khó khăn



**Hình 5. 12 : Cửa phẳng kéo ngang**

- 1- Cửa âu
- 2- Buồng cửa

#### 5.3.1.2. Dựa vào vật liệu làm cửa:

##### a. Cửa bằng gỗ:

Loại kết cấu này nặng, để sử dụng được lâu dài phải bố trí dưới nước.

##### b. Cửa bằng thép:

Loại này nhẹ hơn cửa gỗ từ 10 ÷ 15% nhưng phải tu sửa thường xuyên vì hay han rỉ.

Cửa thép chóng bị hư hỏng, tiết diện chịu lực liên tục giảm theo thời gian.

##### c. Cửa bê tông cốt thép:

Loại này ít phải tu sửa hơn, nhưng quá nặng nề, chỉ dùng ở âu tàu có cột nước chênh lệch nhỏ ( $H < 5\text{m}$ )

#### **5.3.2. Cửa âu chữ nhân:**

##### 5.3.2.1. Phân loại:

##### a. Theo vật liệu làm cửa:

- + Cửa gỗ, cửa thép, cửa bê tông cốt thép.

##### b. Theo hình dạng bản mặt.

- + Cửa có bản mặt phẳng
- + Cửa có bản mặt cong

##### c. Theo cách bố trí dầm:

- + Cửa có hệ thống dầm dọc chính (dầm dọc thông suốt)
- + Cửa có hệ thống dầm ngang chính (dầm ngang thông suốt)
- + Khi  $h_c > 5/4 l_c$ : thường dùng loại có hệ thống dầm ngang chính.

+ Khi  $h_c < 5/4 l_c$ : thường dùng loại cửa có hệ thống dầm dọc chính

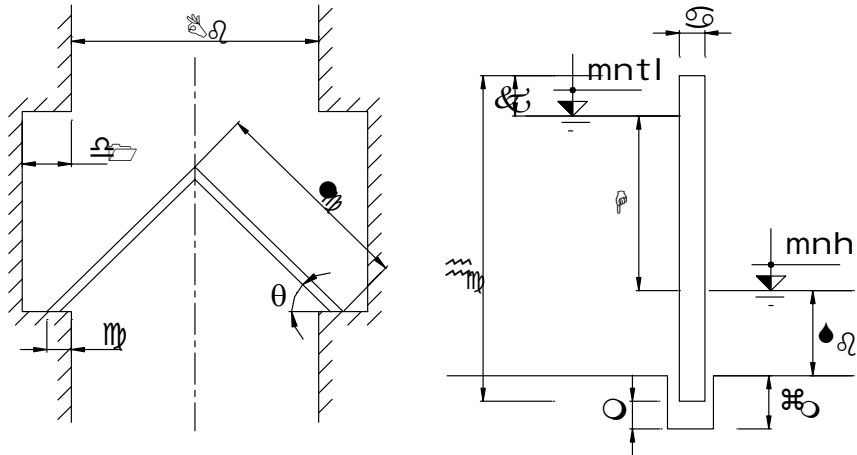
Ở đây:

$h_c$  - chiều cao cánh cửa

$l_c$  - chiều dài cửa

5.3.2.2. Sơ bộ kích thước:

**a. Chiều dài cánh cửa ( $l_c$ )**



**Hình 5.13 : Các kích thước của cửa âu chữ nhân.**

$$l_c = \frac{B_b + 2c}{2 \cos \theta} \quad (5-7)$$

Trong đó:

$\theta = 20 \div 22^\circ$  - góc nghiêng của cửa

c- Khoảng cách giữa mặt tựa của cửa và mặt tường âu,  $c = (0,4 \div 0,45).d_1$

$d_1$ - Khoảng cách để đỡ cửa,  $d_1 = (0,08 \div 0,11) B_b$

**b. Chiều cao cánh cửa ( $h_c$ )**

$$h_c = H + S_b + k + z_m - m \quad (5-8)$$

Trong đó:

H- cột nước chênh lệch

$S_b$ - độ sâu buồng âu (ở MNHL)

k- khoảng cách từ mặt nước thượng lưu đến đỉnh của dầm đỉnh,  $k = 0,1 \div 0,5m$

$z_m = 0,7 \div 1m$ : chiều sâu mương cửa

m - khoảng cách từ đáy cửa đến đáy mương cửa

$$m = 0,15 \div 0,25m$$

**c. Chiều dày cánh cửa (a)**

Sơ bộ chiều dày có thể lấy:

$$a = (0,06 \div 0,08) B_b \quad (5-9)$$

Sau đó phải tính toán lại theo khả năng chịu lực để tiết kiệm chi phí vật liệu.

5.3.2.3. Tính toán tải trọng tác dụng:

a. Trường hợp 1:

Cánh cửa âu đóng, trong và ngoài buồng âu có nước, tải trọng tác gồm:

- Áp lực nước thuỷ tĩnh P.
- Áp lực nước từ dưới đáy tác dụng lên  $v_1$
- Trọng lượng bản thân cửa âu G
- Tải trọng tạm thời trên đỉnh của  $v_2$  (máy móc, người đi lại):

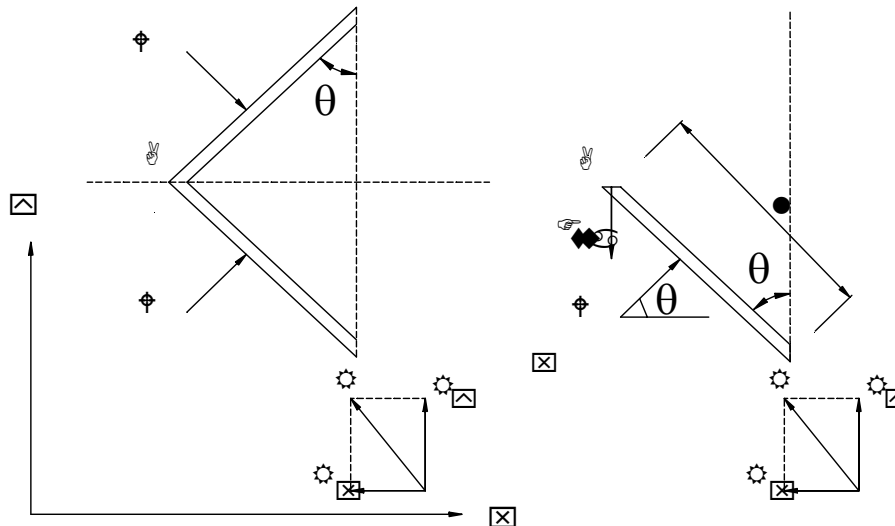
$$V_2 = F_1 \cdot \gamma \tag{5-10}$$

$F_1$ - diện tích mặt trên của cửa

$\gamma$ - tải trọng phân bố, lấy  $\gamma < 400 \text{ kg/m}^2$

- Phản lực ổ trục của trục cửa và ổ trục giữa R:

Ở đây hai cánh cửa của âu làm việc giống như sau, cặp ngẫu lực tác dụng giữa hai cửa chỉ là lực tựa  $F_{tựa}$  có chiều như hình vẽ.



**Hình 5. 14 : Phản lực tường tác dụng lên cửa**

Vì cánh cửa đứng yên nên ta phải có hợp của tất cả các lực tác dụng lên một cửa phải cân bằng:

$$\vec{F}_{tựa} + \vec{W} + \vec{R} = 0 \tag{5-11}$$

Xác định giá trị  $R_x$  (hình chiếu phản lực của tường lên cửa theo phương x):

Chiều lên phương x ta có:

$$W \cdot \cos \theta - R_x = 0$$

$$\rightarrow R_x = +W \cdot \cos \theta \tag{5-12}$$

$R_x$  có dấu (+) chứng tỏ chiều giả định của  $R_x$  là đúng.

Xác định  $R_y$  (hình chiếu phản lực của tường lên cửa theo phương y):

Lấy mômen với điểm tựa A của hai cửa ta có:

$$W \cdot \frac{l}{2} + R_y \cdot l \cdot \sin \theta - R_x \cdot l \cdot \cos \theta = 0$$

$$\rightarrow R_y = \frac{2 \cdot R_x \cdot \cos \theta - W}{2 \cdot \sin \theta} = W \frac{2 \cdot \cos^2 \theta - 1}{2 \cdot \sin \theta} \quad (5-15)$$

Như vậy ta thấy chiều của thành phần phản lực  $R_y$  phụ thuộc vào giá trị góc của cửa  $\theta$ :

- Khi  $2 \cdot \cos^2 \theta - 1 > 0 \Leftrightarrow \theta < 45^\circ$  Chiều  $R_y$  như giả định.
- Khi  $2 \cdot \cos^2 \theta - 1 < 0 \Leftrightarrow \theta > 45^\circ$  Chiều  $R_y$  ngược lại.
- Trường hợp đặc biệt: Khi  $\theta = 45^\circ \Leftrightarrow R_y = 0$ .

**b. Trường hợp 2:**

Thời kỳ lắp cánh cửa hoặc thời kỳ sửa chữa, trong ô không có nước, ngoại lực bao gồm:

- + Trọng lượng bản thân cánh cửa  $G$
- + Tải trọng tạm thời bên trên  $v_2$
- + Phản lực của ổ trục đỉnh và đáy  $Z$

$$Z = (G + v_2) \cdot \frac{l_c}{2h_c} \quad (5-14)$$

Trong đó:  $h'_c$ : khoảng cách giữa ổ trục đỉnh và ổ trục đáy.

**5.3.2.4. Tính bản mặt:**

**a. Bản mặt bằng gỗ:**

Tính như dầm đơn giản đặt trên 2 gối tựa, khẩu độ của dầm bằng khoảng cách 2 trụ dầm chính

**b. Bản mặt bằng thép:**

Theo tính chất chịu lực của bản mặt thì chiều dày bản mặt giảm dần từ dưới lên trên. Nhưng để tiện chế tạo, cần định khoảng cách giữa các dầm ngang hợp lý để chiều dày bản mặt như nhau trên suốt chiều cao cửa.

Nếu thiết kế chiều dày bản mặt khác nhau thì không nên dùng quá 5 chiều dày khác nhau trên 1 cánh cửa.

Bản mặt được tính theo công thức sau:

**- Bản mặt tựa trên 2 cạnh:**

$$\sigma = \rho \cdot \sqrt{\frac{P}{2[\sigma]}} \quad (5-15)$$

Trong đó:

$\sigma$ - chiều dày tính toán của ô bản mặt

$\rho$ - nhịp tính toán của ô bản mặt, bằng khoảng cách liên kết cố định bản mặt với ô dầm (cm)

$P$ - áp lực thủy tĩnh tính toán ở tâm ô bản mặt ( $\text{kg/cm}^2$ )

[σ]- ứng suất uốn cho phép của thép bản mặt (kg/cm<sup>2</sup>)

- Bản mặt tựa trên 4 cạnh:

$$\sigma = a. \sqrt{\frac{k.P}{2[\sigma](1+n^2)}} \tag{5-16}$$

Trong đó:

$n = \frac{a}{b}$  là tỷ số giữa cạnh ngắn và cạnh dài của ô bản mặt.

k - hệ số phụ thuộc vào phương pháp cố định ô bản mặt, nếu cố định cả 4 cạnh thì k = 0.75, 2 cạnh - k = 1,0. Sau khi tính được chiều dày σ, ta cộng thêm 1mm để phòng han rỉ, σ tính ra yêu cầu phải đảm bảo điều kiện:

$$6\text{mm} < \sigma < 20\text{mm} \tag{5-17}$$

5.3.2.5. Tính hệ thống dầm:

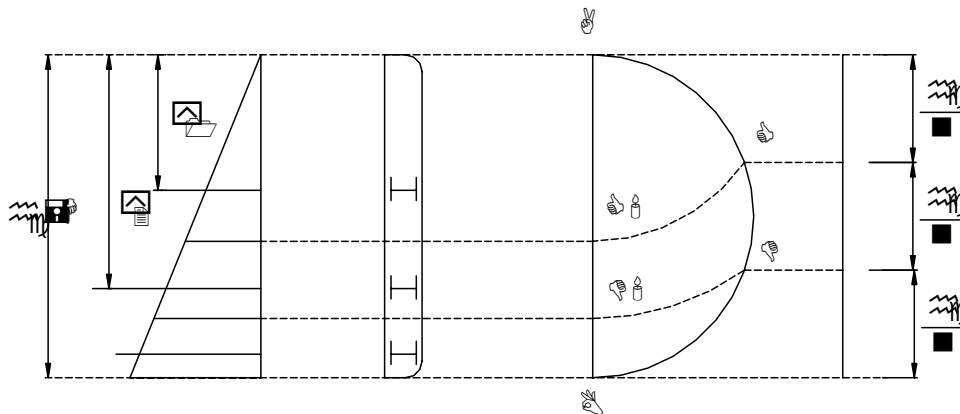
a. Dầm ngang chính:

Bố trí dầm ngang chính dọc theo cửa cầu từ trên xuống dưới sao cho các dầm đều chịu lực như nhau. Vị trí bố trí dầm ngang chính được xác định theo phương pháp đồ giải (H-5.15) hoặc dùng bảng (5.2) để tra.

\* Cách xác định bằng đồ giải:

Vẽ nửa đường tròn đường kính AB bằng chiều cao cửa, chia chiều cao cửa thành n phần bằng nhau (n là số dầm cần bố trí). Lấy A làm tâm, vẽ các cung tròn bán kính AC, AD..., từ đó xác định được các điểm C', D'...

Dóng sang biểu đồ áp lực nước ta xác định được các phần có diện tích bằng nhau của biểu đồ áp lực nước, trọng tâm của các phần này là vị trí đặt dầm.



**Hình 5. 15 : Xác định vị trí bố trí dầm ngang chính bằng đồ giải.**

- Hoặc xác định vị trí dầm theo công thức:

$$y_k = \frac{2}{3} \frac{h_c}{\sqrt{n}} [k^{3/2} - (k-1)^{3/2}] \tag{5-18}$$

Trong đó:

k: số thứ tự của dầm tính từ trên xuống.

n: số dầm cần bố trí.

**\* Cách xác định bằng bảng tra:**

Các giá trị  $y_k$  được tính cho các phương án trong bảng (2.1).

**Bảng 5.2: Bảng tra vị trí dầm ngang chính**

$Y_k$	Số dầm cần bố trí (n)						
	2	5	4	5	6	7	8
$y_1$	0.471.H	0.584H	0.555H	0.298H	0.272H	0.252H	0.255H
$y_2$	0.862H	0.756H	0.610H	0.545H	0.498H	0.460H	0.451H
$y_5$		0.910.H	0.790H	0.705H	0.644H	0.596H	0.558H
$y_4$			0.955H	0.856H	0.765H	0.700H	0.661H
$y_5$				0.948H	0.865H	0.802H	0.749H
$y_6$					0.957H	0.886H	0.829H
$y_7$						0.965H	0.901H
$y_8$							0.968H

Khoảng cách giữa các dầm  $a_i$  do tính toán mà xác định được (trên nguyên tắc cùng chịu lực như nhau), nhưng để dễ thi công và sửa chữa yêu cầu:

$$\begin{cases} a_i \leq (2,5 \div 2,8)m \\ a_i \geq (0,8 \div 1,0)m \end{cases}$$

Dầm ngang chính thường có tiết diện chữ I không đối xứng. Chiều cao tiết diện là:

$$t = (0,11 \div 0,14)l_c \tag{5-19}$$

Dầm ngang chính làm việc như một vòm 5 khớp, vừa chịu uốn vừa chịu nén lệch tâm. Khi thiết kế, thông thường ta chọn tiết diện dầm trước rồi kiểm tra ứng suất của dầm theo công thức:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{W} \leq [\sigma] \tag{5-20}$$

$[\sigma]$ : ứng suất cho phép của vật liệu

Nếu không đảm bảo yêu cầu ta chọn lại F.

**b. Dầm dọc phụ:**

Để tính toán, ta coi dầm dọc phụ thuộc như một dầm đơn giản, xác định mô men uốn lớn nhất rồi xác định tiết diện dầm F.

- Dầm dọc phụ thường là thép hình

- Trường hợp dầm dọc phụ gối lên các dầm ngang chính, thì ta coi nó như một dầm liên tục để tính toán.

- Khoảng cách giữa các dầm dọc phụ bố trí sao cho các cạnh của mỗi ô dầm có tỷ lệ 2: 1, 1: 1

\* Chú ý:

+ Khi cửa cầu có kết cấu là dầm dọc chính thì dầm dọc chính được tính toán như một dầm đơn giản.

+ Khi dầm ngang phụ không gối lên dầm dọc chính thì ta tính toán như dầm đơn giản chịu áp lực nước phân bố theo hình thang



$$q_i = \frac{a_{i+1} + a_i}{2} p_i \quad (\text{kg/cm}) \quad (5-21)$$

$p_i$ : cường độ áp lực thủy tĩnh

$a_{i+1}, a_i$ : khoảng cách giữa dầm đang xét với 2 dầm trên và dưới.

+ Dầm đỉnh được tính toán như dầm ngang chính

+ Dầm đáy chịu lực nén lớn, nhưng lại truyền toàn bộ lên ngưỡng cửa, dầm đáy được coi như dầm liên tục nhiều nhịp để tính toán.

+ Trụ biên (trụ cửa) dùng để nối tiếp đầu dầm chính, dầm đỉnh và dầm đáy. Trụ biên truyền áp lực do dầm chính truyền tới và trọng lượng cửa cũng như các lực khác do dầm chéo truyền tới. Trụ biên truyền áp lực ngang cho gối đỡ, gối tựa rồi truyền vào tường và truyền những lực thẳng đứng cho ổ trục đáy, vì thế trụ biên ít chịu lực, thực tế tiết diện trụ biên theo yêu cầu cấu tạo lớn hơn rất nhiều tiết diện tính toán theo yêu cầu chịu lực.

+ Trụ giữa: để chống rò rỉ, giữa 2 cánh cửa ta làm tấm đệm bằng gỗ hoặc thép (gọi là trụ giữa)

- Nếu đặt trụ gỗ chống rò thì coi trụ giữa như một dầm làm việc trên nền đàn hồi chịu lực tập trung do các dầm ngang truyền tới (trường hợp cửa có kết cấu dầm ngang chính).

- Đối với cửa có hệ thống dầm dọc chính, trụ giữa làm việc như các dầm dọc khác. Sau khi tính toán tiết diện dầm ta phải kiểm tra khả năng chịu ép của lớp gỗ chống rò.

### 5.3.3. Cửa phai (Cửa sự cố):

Để sửa chữa cửa âu, ta phải bố trí phai ở 2 bên đầu âu. Vật liệu làm phai là gỗ, thép hoặc bê tông cốt thép, kích thước phai phụ thuộc vào kích thước buồng âu.

Ngoài ra còn phải có cửa sự cố, cửa sự cố yêu cầu phải đóng mở trong thời gian ngắn, đóng mở được khi nước đang cấp tháo. Ở những âu nhỏ có thể dùng luôn phai làm cửa sự cố nhưng ở âu tàu lớn cửa sự cố phải làm riêng.

Ngoài các thiết bị trên, khi thiết kế âu tàu cần bố trí, tính toán các thiết bị khác nữa như thiết bị đóng mở, thiết bị chiếu sáng và tín hiệu, thang công tác, thước đo nước.

### 5.3.4. Van đóng mở cống dẫn nước:

Cửa van là thiết bị phục vụ cho việc cấp và tháo nước âu tàu. Yêu cầu đối với cửa van là dễ đóng mở, dễ kiểm tra và sửa chữa khi bị hư hỏng, ít rò rỉ, bố trí thuận lợi, khi làm việc phải bảo đảm tốt điều kiện thủy lực trong âu và trong kênh dẫn tàu.

Cửa van thường có các loại: van phẳng kéo lên, van hình cung, van hình trụ.

Cửa van phẳng giống như một cửa âu nhỏ, cũng gồm bản mặt, hệ thống dầm, van được đóng mở bằng tời hoặc thanh răng. Để tránh chân không ở dưới đáy và đảm bảo điều kiện thủy lực khi van được kéo lên thì trong cấu tạo cửa van yêu cầu góc  $\alpha \leq 60^\circ$ .

- Cửa van hình trụ thường dùng ở đầu âu trên với tường vây và hệ thống cấp tháo nước có cống dẫn nằm trong mặt phẳng đứng. Loại này kết cấu đơn giản, lực đóng mở nhỏ.

## Chương 6

# TÍNH TOÁN KẾT CẤU ÂU TÀU.

## 6.1. Nguyên lý chung.

### 6.1.1. Cấp công trình:

Khi thiết kế các bộ phận trong công trình âu tàu cần căn cứ vào cấp công trình mà định ra hệ số ổn định, các trị số cho phép, phương pháp tính toán.

Cấp công trình phụ thuộc vào cấp luồng lạch và tính chất quan trọng của từng bộ phận công trình.

Theo lượng hàng hoá vận chuyển qua tuyến âu tàu, qui phạm của liên bang Nga phân công trình thành các cấp sau:

- Cấp 1: Khối lượng hàng hoá  $> 3.000.000$  T/năm.
- Cấp 2: Khối lượng hàng hoá từ  $700.000 \div 3.000.000$  T/năm.
- Cấp 3: Khối lượng hàng hoá từ  $150.000 \div 700.000$  T/năm.
- Cấp 6: Khối lượng hàng hoá  $< 150.000$  T/năm.

Dựa vào tính chất quan trọng của từng bộ phận công trình, người ta chia ra bộ phận chủ yếu và bộ phận thứ yếu của âu tàu:

- + Bộ phận chủ yếu của âu tàu: là những bộ phận mà nếu bị hư hỏng thì âu tàu không làm việc được như đầu âu, thân âu, cửa âu, hệ thống cấp tháo nước.
- + Bộ phận thứ yếu: là những bộ phận mà nếu bị hư hỏng thì âu tàu vẫn làm việc được như giá hướng tàu, phai sửa chữa.

### 6.1.2. Khái niệm tải trọng, tổ hợp tải trọng:

\* Khái niệm tải trọng:

Là các đại lượng đặc trưng cho các tác động của môi trường lên kết cấu, tải trọng có thể chia thành nhiều loại:

- Tải trọng thường xuyên gồm:
  - + Khối lượng bản thân công trình.
  - + Tải trọng do các công trình và thiết bị công nghệ đặt cố định trên công trình.
- Tải trọng tạm thời dài hạn gồm:
  - + Áp lực đất chủ động hoặc bị động tác dụng lên tường âu.
  - + Áp lực thuỷ tĩnh do nước trong âu và nước ngầm ngoài âu.
  - + Tác động của sự thay đổi nhiệt độ môi trường.
  - + Tác động của sự biến dạng nền không kèm theo sự thay đổi cấu trúc của đất.
  - + Tác động do thay đổi độ ẩm, co ngót và từ biến của đất nền và vật liệu.
- Tải trọng tạm thời ngắn hạn gồm:
  - + Tải trọng do sóng, dòng chảy.
  - + Tải trọng do tàu (Lực neo tàu, tựa tàu)

- + Tải trọng tác dụng trong quá trình xây dựng.
- + Tải trọng gió tác động lên các công trình cố định.
- Tải trọng đặc biệt gồm:
  - + Tải trọng động đất.
  - + Tải trọng do nổ trong hoặc gần công trình.
  - + Tác động của biến dạng nền gây ra do thay đổi cấu trúc đất (sụt lỏ, lún trượt...)

**\* Khái niệm tổ hợp tải trọng:**

Là sự nhóm các tải trọng hay chính các tổ hợp con lại thành một nhóm (tổ hợp), có thể có hai hình thức tổ hợp:

- Tổ hợp cộng tác dụng (Cộng các giá trị lại): Giá trị của tổ hợp sẽ là tổng các giá trị của mỗi tải trọng hay tổ hợp con của nó, thường được dùng cho các tổ hợp tải trọng thông thường trong tính toán âu tàu.

- Tổ hợp bao (Lấy giá trị lớn nhất): Giá trị của tổ hợp sẽ là giá trị lớn nhất trong các giá trị của mỗi tải trọng hay tổ hợp con của nó, thường được dùng cho việc so sánh và lấy giá trị tác động lớn nhất giữa các tổ hợp tải trọng thông thường của âu tàu.

**6.1.3. Các loại tải trọng tác dụng lên công trình âu tàu:**

Tải trọng tác dụng lên công trình âu tàu bao gồm:

**\* Trọng lượng bản thân công trình:**

- Trọng lượng tường âu.
- Trọng lượng đáy âu.
- Trọng lượng nhà cửa trên âu.
- Trọng lượng cầu giao thông.

**\* Ngoại lực do nước:**

- Lực do sóng.
- Lực đẩy nổi.
- Áp lực thủy tĩnh, thủy động.

**\* Áp lực đất:**

- Trọng lượng đất.
- Áp lực đất chủ động.
- Áp lực đất bị động.

**\* Lực do biến dạng của kết cấu công trình:**

- Lực xuất hiện do nhiệt độ thay đổi.
- Lực xuất hiện do bê tông co ngót.

**\* Các phản lực:**

- Phản lực ma sát cạnh.
- Phản lực ma sát đáy.

**\* Lực do tàu thủy:**

- Lực va tàu ( $P_{va}$ ).
- Lực neo tàu ( $P_{neo}$ ).

**\* Tải trong tam thời:**

- Trọng lượng người làm việc bên trên.
- Trọng lượng máy móc, thiết bị cơ giới.

**6.1.3.1. Áp lực đất:**

Tường buồng âu, mố bên đầu âu, giá hướng tàu và nhiều bộ phận khác của âu tàu, trên thực tế đều là những tường chắn đất. Áp lực đất tác dụng lên chúng phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất đắp và khả năng chuyển vị của tường dưới tác dụng của áp lực đất - tức là phụ thuộc vào cấu tạo của tường.

Phương pháp thường dùng để tính toán áp lực đất áp dụng lên tường là phương pháp Coulomb, ngoài ra còn dùng phương pháp cân bằng giới hạn của Xôcôlốpki.

**Chú ý:**

- Trường hợp buồng âu đáy phân ly, đất nền ở đáy mềm, do đó tường có chuyển vị trường hợp này tính theo phương pháp Coulomb.
- Trường hợp buồng âu đáy liên kết, kết quả tính toán được theo phương pháp Coulomb phải nhân với hệ số  $k = 1,2 \div 1,25$ .
- Trường hợp sau tường buồng âu có rãnh thoát nước ngầm, thì phải giảm thấp áp lực đất đối với tường, trong trường hợp buồng âu đầy nước cũng nên giảm trị số áp lực đất tính toán vì lúc này áp lực đất giảm nhẹ điều kiện làm việc của tường.

**Hệ số truyền áp lực đất:**

Khi tính toán áp lực đất chủ động, bị động lên âu tàu, hệ số truyền có thể được lấy như sau:

- Hệ số truyền áp lực đất chủ động:

$$\lambda_c = \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

- Hệ số truyền áp lực đất bị động:

$$\lambda_b = \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

**6.1.3.2. Lực do tàu thủy:**

**a. Lực va ( $P_{va}$ ):**

Lực pha phụ thuộc vào góc  $\beta$  (góc giữa trục tàu và trục tuyến công trình) vào lượng thoát nước của tàu  $w$ , vào tốc độ của tàu ( $v = 1 \div 2$  m/s)

Khi tính toán sơ bộ,  $P_{va}$  được xác định theo công thức:

$$P_{va} = 0,53.k^3\sqrt{W^2} \quad (T) \tag{6-1}$$

k- Hệ số điều chỉnh lấy như sau:

- + Trong buồng âu  $k = 1,0$ .

- + Ở giá đầu tàu  $k = 1,67$ .
- + Ở giá hướng tàu  $k = 2,0$ .

Lực va phân bố đều trên 1m chiều dài công trình là:

$$(T) \tag{6-2}$$

**b. Lực neo ( $P_{đứt}$ ):**

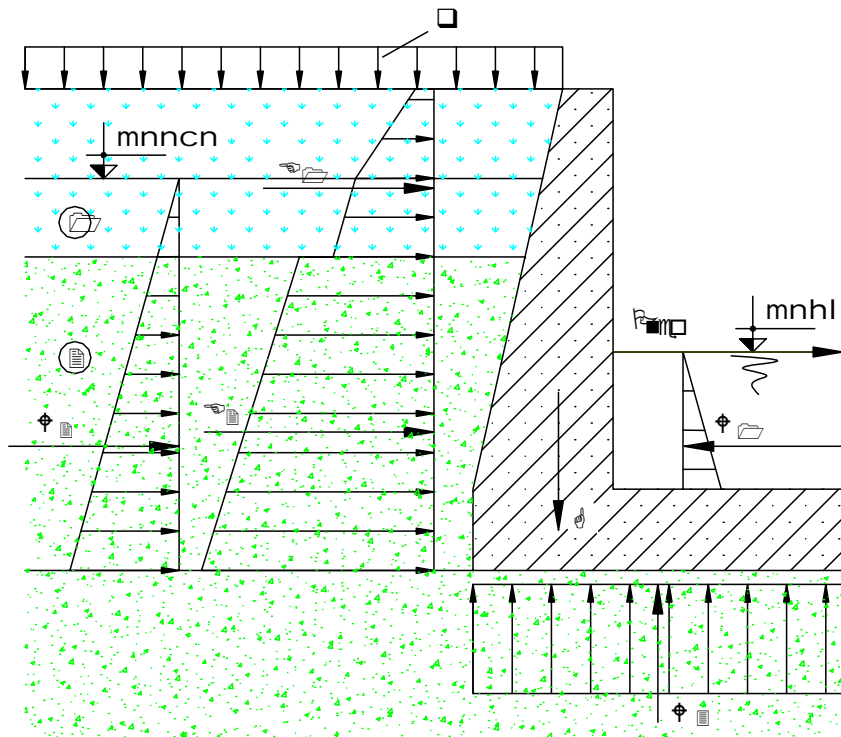
Chiều tác dụng của lực neo lấy thẳng góc với tường buồng, giá trị lực neo phân bố trên 1 m chiều dài công trình xác định theo công thức:

$$P_{neo} = 0,1\sqrt[3]{W^3} \quad (T) \tag{6-3}$$

**6.1.4. Các tổ hợp tải trọng tính toán (Cộng tác dụng)**

**6.1.4.1. Tổ hợp sử dụng:**

**a. Sử dụng 1:**



**Hình 6. 1 : Trường hợp sử dụng 1**

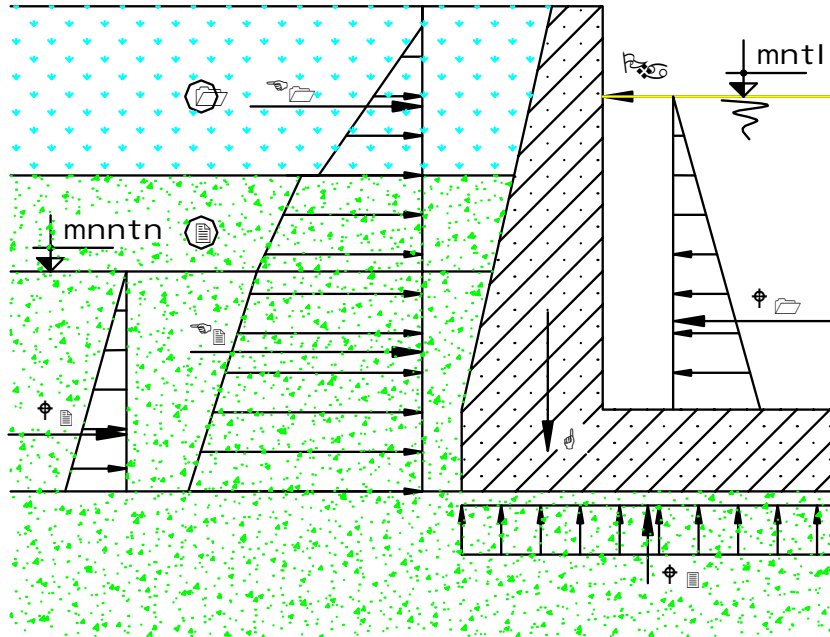
Ở trường hợp này, mực nước trong buồng âu là mực nước thấp nhất, ngoài âu mực nước ngầm cao nhất (Tổ hợp lực tác dụng có xu hướng vào trong)

Tải trọng tác dụng bao gồm:

- + Áp lực nước trong buồng âu:  $w_1$ .
- + Áp lực nước ngầm bên ngoài âu:  $w_2$ .
- + Áp lực đẩy nổi  $w_3$ .
- + Trọng lượng bản thân  $G$ .
- + Áp lực đất chủ động:  $E_1, E_2$ .
- + Lực neo:  $P_{neo}$

+ Tải trọng phân bố  $q$ .

**b. Sử dụng 2:**



**Hình 6. 2 : Trường hợp sử dụng 2.**

Ở trường hợp này, mực nước trong buồng âu là mực nước cao nhất, ngoài âu mực nước ngầm thấp nhất (Tổ hợp lực tác dụng có xu hướng ra ngoài)

Tải trọng tác dụng gồm:

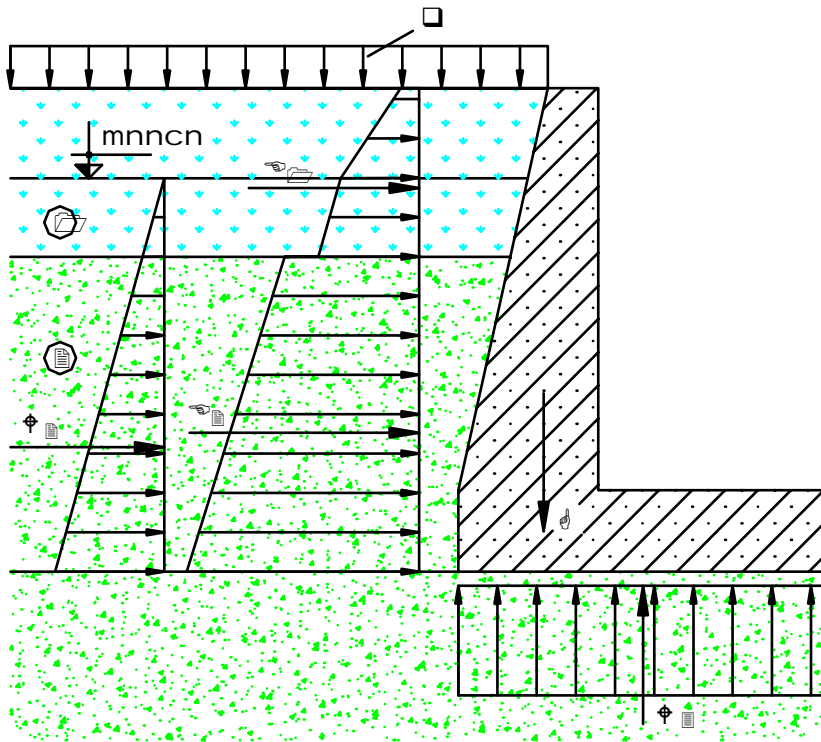
- + Áp lực nước trong buồng âu:  $w_1$ .
- + Áp lực nước ngầm bên ngoài âu:  $w_2$ .
- + Áp lực đẩy nổi:  $w_3$ .
- + Trọng lượng bản thân  $G$ .
- + Áp lực đất  $E_1, E_2$

Lưu ý: Vì tổ hợp lực phải có xu hướng ra ngoài nhưng lại chưa thể biết được là áp lực đất làm việc ở trạng thái chủ động hay bị động. do đó khi tính toán nên tính toán cho cả hai trường hợp: Áp lực đất là chủ động và bị động. Sau đó so sánh biểu đồ mômen của tường buồng hoặc đầu âu và lấy trường hợp cho mômen căng thớ trong tường nhiều hơn hoặc là căng thớ ngoài tường ít hơn.

+ Lực va  $P_{va}$ .

**6.1.4.2. Tổ hợp sửa chữa:**

**a. Sửa chữa 1 (sửa chữa trong):**



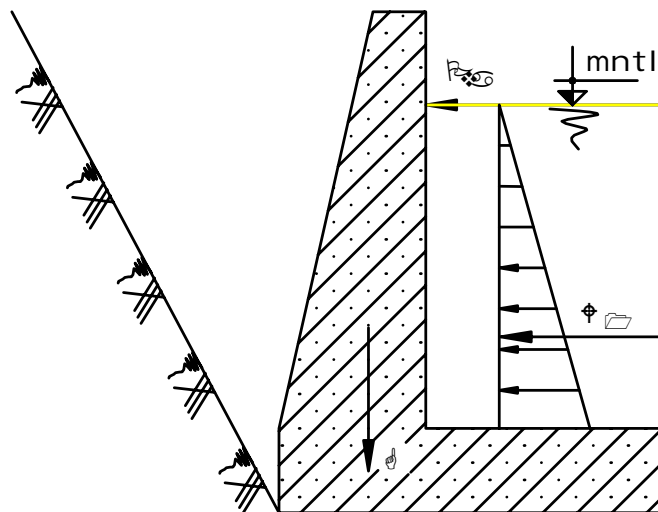
**Hình 6.3 : Trường hợp sửa chữa trong.**

Trường hợp này, trong âu không có nước, ngoài âu mực nước ngầm cao nhất.

Tải trọng tác dụng gồm:

- + Áp lực nước ngầm bên ngoài âu:  $w_2$ .
- + Áp lực đẩy nổi  $w_3$ .
- + Trọng lượng bản thân  $G$ .
- + Áp lực đất chủ động:  $E_1, E_2$ .
- + Tải trọng phân bố  $q$ .

**b. Sửa chữa 2 (sửa chữa ngoài):**



**Hình 6.4 : Trường hợp sửa chữa ngoài**

Trường hợp này, trong âu mực nước cao nhất, ngoài âu không có nước ngầm và lớp đất đắp.

Tải trọng tác dụng gồm:

- + Áp lực nước trong buồng âu:  $w_1$ .
- + Trọng lượng bản thân G.
- + Lực va tàu  $P_{va}$ .

#### 6.1.4.3. Tổ hợp thi công:

Trường hợp này không có áp lực đất, áp lực nước mà chỉ có trọng lượng bản thân công trình G. Trường hợp này không nguy hiểm lắm.

So sánh các trường hợp tính toán thông thường trường hợp sửa chữa thứ nhất nguy hiểm hơn trường hợp sử dụng thứ 1 và trường hợp sửa chữa thứ 2 nguy hiểm hơn trường hợp sử dụng thứ 2. Tuy nhiên phải thông qua so sánh biểu đồ mômen do các tổ hợp tải trọng trên gây ra mới có được kết luận chính xác, nên khi tính toán âu tàu ta phải kiểm nghiệm lại cả mấy trường hợp đó thông qua một tổ hợp bao là tổ hợp của tất cả các tổ hợp tính toán trên.

## 6.2. Tính toán buồng âu.

### 6.2.1. Buồng âu mái nghiêng;

#### 6.2.1.1. Tính ổn định của mái dốc:

Mái dốc thường gia cố bằng đá lát hoặc đá xây. Dưới tác dụng của sóng nước và của hiện tượng thấm, mái dốc có thể bị sụt lở, lớp gia cố bị phá vỡ. Tính ổn định mái dốc có thể tham khảo giáo trình "Công trình biển" và "Công trình thủy lợi".

#### 6.2.1.2. Tính tầng lọc ngược và các thiết bị chống thấm.

(Tham khảo giáo trình Công trình thủy lợi)

### 6.2.2. Buồng âu tường cừ;

Tính toán buồng âu tường cừ giống như tính toán bến tường cừ, nghĩa là phải tính toán ổn định chung của tường cừ, cừ phải đóng sâu bao nhiêu Cấu tạo neo như thế nào và phải tính toán sức chịu lực của cấu kiện (xem giáo trình "Công trình biển").

### 6.2.3. Buồng âu đáy phân ly:

#### 6.2.3.1. Kiểm tra ổn định trượt trên mặt nền móng:

$$K_{tr} = \frac{\sum P.k_{ms}}{\sum H} \geq [K_{tr}] \quad (6-6)$$

Trong đó:

$K_{tr}$ - Hệ số ổn định trượt.

$\Sigma P$ : tổng các lực thẳng đứng.

$\Sigma H$ : tổng các lực nằm ngang.

$k_{ms}$ : hệ số ma sát trượt của nền và móng ( $k_{ms} = \text{tg}\varphi$ ).

$[K_{tr}]$ - Hệ số ổn định trượt cho phép, quy định theo cấp công trình và tổ hợp tải trọng. Với tổ hợp tải trọng cơ bản ta có:



- Công trình cấp 1:  $K_c = 1,5$ .
- Công trình cấp 2,3:  $K_c = 1,6$ .
- Công trình cấp 6:  $K_c = 1,3$ .
- Công trình cấp 5:  $K_c = 1,2$ .

6.2.3.2. Kiểm tra trượt toàn bộ:

Công trình có thể bị trượt toàn bộ cả nền và móng. Kiểm tra trượt toàn bộ tham khảo giáo trình Cơ học đất và Công trình bển.

6.2.3.3. Kiểm tra cường độ chịu tải của đất nền:

Dùng công thức nén lệch tâm:

$$\sigma_{\max}^{\min} = \frac{\sum P}{b} \left( 1 \pm \frac{6.e}{b} \right) \tag{6-5}$$

Trong đó:

- b- Chiều rộng đáy tường âu.
- $\Sigma P$ - Tổng các lực đứng.
- e- DD lệch tâm của hợp lực  $\Sigma P$ .

Điều kiện kiểm tra:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &\leq [\sigma] \\ \sigma_{\min} &> 0 \end{aligned} \tag{6-6}$$

Ở đây:

$[\sigma]$  ứng suất cho phép của đất nền ( $\text{kg/cm}^2$ )

Để tránh trường hợp móng lún không đều, yêu cầu:

$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} \leq m \tag{6-7}$$

Hệ số m phụ thuộc vào loại đất:

- + Cát:  $m = 3,0$ .
- + Á sét:  $m = 2,0$
- + Sét:  $m = 1,5$ .

6.2.3.4. Kiểm tra ổn định lật:

$$K_l = \frac{\sum M_{\text{chonglat}}}{\sum M_{\text{gaylat}}} \geq 1,3 \tag{6-8}$$

6.2.3.5. Kiểm nghiệm cường độ tường âu:

Cường độ tường âu phải được kiểm nghiệm tại mặt cắt nguy hiểm nhất. Công thức kiểm tra:

$$\sigma_{\min} = \frac{6M}{b^2} - \frac{C.N}{b} \leq \frac{\sigma_{pu}}{K_{pu}} \tag{6-9}$$

Trong đó:

b: chiều rộng tính toán của tường.

N: Lực thẳng đứng.

C: hệ số:

+ Khi  $\frac{M}{N} \leq b$  thì  $C = 1,0$ .

+ Khi  $\frac{M}{N} > b$  thì  $C = 1,67$ .

$\sigma_{pu}$ : cường độ cực hạn chịu kéo khi uốn của bê tông.

$K_{pu}$ : hệ số an toàn lấy theo cấp công trình (Ví dụ công trình cấp 2,  $K_{pu} = 1,3$ )

### 6.2.4. Buồng âu kiểu mút thừa nổi giữa.

#### 6.2.4.1. Kiểm nghiệm cường độ tường âu:

Tương tự như đối với tường buồng âu đáy phân ly:

$$\sigma_{\min} = \frac{6M}{b^2} - \frac{C.N}{b} \leq \frac{\sigma_{pu}}{K_{pu}} \quad (6-10)$$

#### 6.2.4.2. Kiểm nghiệm ứng lực nền;

Sau khi kiểm nghiệm ứng lực nền móng, ta coi mút thừa như một dầm công xon ngàm chặt vào tường để tính toán bố trí cốt thép.

#### Chú ý:

- Khi kiểm nghiệm ứng lực nền không đạt yêu cầu thì phải kéo dài mút thừa ở sau tường để tăng ổn định.

- Sau khi kiểm nghiệm cường độ tường và ứng lực nền ta phải kiểm tra lún bản đáy (xem cơ học đất).

### 6.2.5. Buồng âu kiểu ụ tàu:

Tường buồng âu kiểu ụ tàu không phải kiểm tra ổn định trượt và lật mà chỉ cần kiểm tra cường độ tường và đáy buồng âu.

#### 6.2.5.1. Kiểm tra cường độ tường âu:

Ở đây ta cùng dùng công thức kiểm tra như các trường hợp trên.

$$\delta_{\min} = \frac{\delta M}{b_2} - \frac{C.N}{b} \leq \frac{\delta_{pu}}{K_{pu}} \quad (6-11)$$

#### 6.2.5.2. Tính toán bản đáy.

Tính toán bản đáy buồng âu kiểu đáy liên kết chủ yếu là xác định phản lực nền khi bản đáy và nền cùng làm việc dưới tác dụng của ngoại lực đã biết. Việc vẽ biểu đồ mô men và lực cắt, kiểm nghiệm cường độ bản đáy và bố trí cốt thép đều tính toán như thông thường.

Bản đáy âu tàu được giải theo lý luận dầm trên nền đàn hồi để xác định phản lực nền.

#### 6.2.5.3. Các phương pháp tính toán.

**a. Phương pháp hệ số nền:**

Trong Sức bền vật liệu ta đã biết phương trình quan hệ giữa chuyển vị đứng  $Y_x$  và phản lực nền  $P_x$  của dầm đặt trên nền đàn hồi dưới tác dụng của lực tập trung P.

$$E.J. \frac{d^4 Y_x}{d_x^4} = b.p_x \tag{6-12}$$

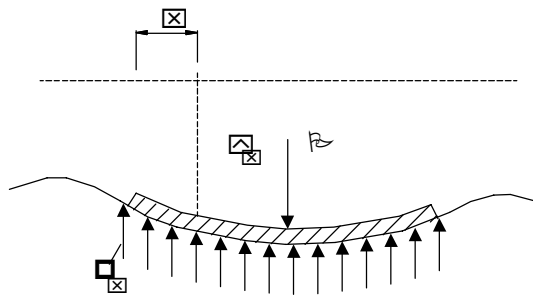
Trong đó:

EJ: độ cứng của dầm.

b: chiều rộng của dầm ( $b = 1m$ ).

$Y_x$ : chuyển vị thẳng đứng của dầm (độ võng)

$P_x$ : phản lực phân bố dưới đáy dầm.



**Hình 6. 5 : Sơ đồ làm việc của dầm trên nền đàn hồi dưới tác dụng của lực thẳng đứng P.**

Ở đây  $Y_x, P_x$  là 2 ẩn số chưa biết. Để giải bài toán này Winkler đã dựa vào giả thiết biến dạng đàn hồi cục bộ, xác lập được quan hệ:

$$p_x = C.Y_x \tag{6-13}$$

Trong đó:

C- Hệ số nền.

Như vậy phương trình (6-10) có dạng:

$$EJ = \frac{d^4 Y_x}{d_x^4} + cY_x = F_x \tag{6-16}$$

Đặt  $\xi = \frac{X}{L}$  với  $L = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{c}}$  ta có:

$$\frac{d^4 Y_x}{d_x^4} + 6y_x = f_\xi \tag{6-15}$$

Phương trình (6-13) được giải bằng phương pháp thông số ban đầu (xem Cơ học đất và Sức bền vật liệu).

Phương pháp hệ số nền đơn giản, tính toán nhanh nhưng có nhược điểm:

- + Coi c là hằng số nhưng thực tế c phụ thuộc nhiều yếu tố như diện chịu tải, chiều sâu đất nén được.
- + Biến dạng đàn hồi cục bộ là một giả thiết không phù hợp với thực tế.

Quy phạm của liên bang Nga quy định:

Phương pháp hệ số nền chỉ áp dụng khi chiều dày lớp đất nén được  $\leq 0,5 B_b$  và phương pháp này chỉ để tính toán sơ bộ.

**b. Phương pháp Gorbunốp - Pasadốp:**

Bài toán tính bản đáy âu tàu thông thường là bài toán phẳng, để tiến hành tính toán cần xác định chỉ tiêu độ mảnh  $t$  (chỉ tiêu mềm).

$$t = \frac{\pi \cdot E_0 \cdot b / l^3}{4E_1J} \tag{6-16}$$

Trong đó:

$l$ : nửa chiều dài dầm.

$b$ : chiều rộng dầm ( $b = 1\text{m}$ ).

$E_0$ : mô đun biến dạng của đất.

$E_1$ : mô đun đàn hồi của dầm.

$J$ : mô men quán tính mặt cắt dầm.

- Khi  $t < 1$ : dầm được xem là cứng tuyệt đối.
- Khi  $1 \leq t \leq 10$ : dầm dài có hạn và cứng có hạn.
- Khi  $t > 10$ : dầm được xem là dài vô hạn.
- Khi  $t = 0$ : dầm được xem là dầm ngắn.

Bản đáy âu tàu thông thường được xem là dầm ngắn và dầm cứng Gorbunốp đã lập thành những bảng tính toán xét đến những tải trọng độc lập nhau.

- + Tải trọng phân bố đều suốt chiều dài dầm.
- + Tải trọng tập trung  $P_i$  tại mặt cắt bất kỳ của dầm.
- + Tải trọng mô men  $M_i$  tác dụng tại mặt cắt bất kỳ của dầm.

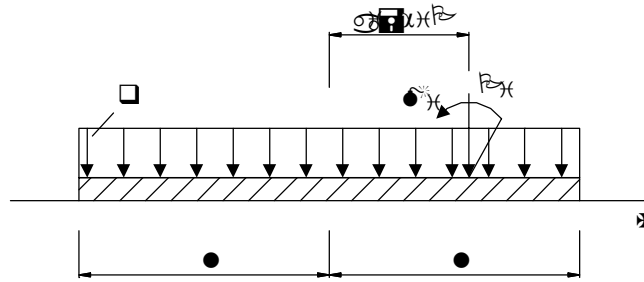
Khi tính toán bản đáy âu tàu, ngoài những tải trọng độc lập này còn có tải trọng phân bố đều trên một bộ phận dầm như trọng lượng của tường, trọng lượng của đất đắp hoặc nước.

Để sử dụng bảng trong những trường hợp này, phải đổi tải trọng phân bố này thành tải trọng phân bố đều suốt chiều dài dầm thành một số tải trọng tập trung phụ.

Sau đó xác định các trị số  $\alpha_i = \frac{a_i}{l}$  của các tải trọng.

Trong đó:

$a_i$ : khoảng cách từ tải trọng đến trục dầm (góc tọa độ 0).



**Hình 6. 6 : Sơ đồ tính toán theo phương pháp Gorbunốp - Pasadốp.**

Bảng Gorbunốp - Pasadốp lập cho các giá trị  $t = 1 \div 10$  và  $\alpha = 0 \div 1$  căn cứ vào các giá trị  $t$  và  $\alpha$ , tra bảng ta tìm được các trị số  $\bar{P}$ ,  $\bar{Q}$  và  $\bar{M}$  không có thứ nguyên, rồi dựa vào các công thức sau (Bảng 6.1) để tính  $P$ ,  $Q$  và  $M$  theo từng trường hợp tải trọng.

**Bảng 6.1: Các công thức xác định P, Q và M.**

Ngoại lực	Phản lực nền P	Lực cắt Q	Mô men M
- Phân bố đều	$\bar{P} \cdot \gamma$	$\bar{Q} \cdot l \cdot \gamma$	$\bar{M} \cdot l^2 \cdot \gamma$
- Lực tập trung	$\bar{P} \cdot \frac{P_i}{l}$	$\pm \bar{Q} \cdot P_i$	$\bar{M} \cdot l \cdot P_i$
- Mô men	$\pm \bar{P} \cdot \frac{M_i}{l^2}$	$\bar{Q} \cdot \frac{M_i}{l}$	$\pm \bar{M} \cdot M_i$

Sau khi tìm được các trị số  $P$ ,  $Q$ ,  $M$  của từng loại lực ta cộng dồn lại. Để đảm bảo đáy không tách rời khỏi nền thì sơ đồ phản lực nền tổng hợp luôn có dấu (+) trên suốt chiều dài dầm.

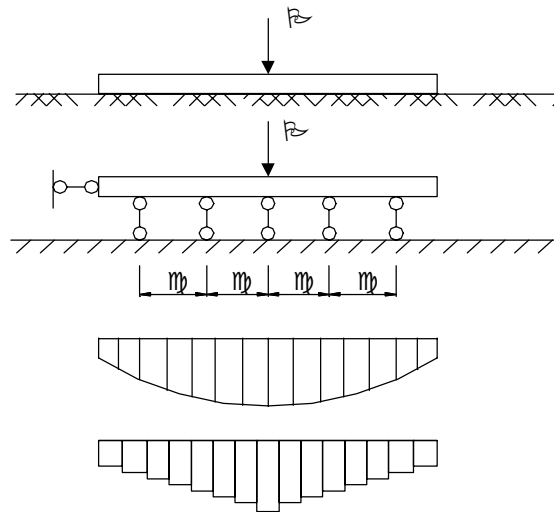
Giá trị lực cắt  $Q$  lấy dấu (+) khi lực tập trung đặt ở nửa bên phải dầm, lấy dấu (-) trong trường hợp ngược lại.

Giá trị  $M$  lấy dấu (+) khi mô men đặt ở nửa bên phải dầm và dấu (-) khi mô men đặt ở nửa bên trái.

Tính toán bản đáy âu tàu theo phương pháp Gorbunốp - Pasadốp rất đơn giản, khối lượng tính toán không nhiều, nhưng không xét đến độ cứng bản đáy trong phạm vi tường âu và mô bên đầu âu và không xét đến tải trọng hông của trọng lượng đất ngoài phạm vi bản đáy. Vì thế khi nền đất là sét và chiều cao lớp đất đắp sau tường âu lớn hơn (0,6 ÷ 0,5)  $B_b$  thì thường không dùng phương pháp tính toán này.

**c. Phương pháp B.N Jemôtkim:**

Đặc điểm của phương pháp này là dựa vào những tính toán của cơ học kết cấu để giải bài toán. Tác giả coi dầm như một kết cấu siêu tĩnh, đặt trên một hệ thống thanh. Nội lực ở mỗi thanh chính là phản lực nền đối với dầm.



**Hình 6. 7 : Sơ đồ tính toán theo phương pháp B.N Jemôtkin.**

Các giả thiết của phương pháp:

- Giữa dầm và nền có những thanh nối để truyền lực .
- Thay biểu đồ phản lực nền hình cong bằng biểu đồ phản lực hình bậc.
- Phản lực phân bố đều theo chiều rộng  $b$  ( $b= 1m$ ).
- Độ võng của dầm bằng độ lún của nền.

Để tìm nội lực trong các thanh nối, ta lập hệ phương trình lực, rồi giải hệ phương trình đó như trong cơ học kết cấu.

Số lượng thanh nối càng nhiều, kết quả tính toán càng chính xác.

Phương pháp tính toán của B.N Jemôtkim có ưu điểm nổi bật là có xét đến tải trọng hông của trọng lượng đất đắp, có xét đến độ ở 2 đầu của dầm, vì vậy được dùng rộng rãi trong tính toán cầu tàu.

### 6.3. Tính toán đầu âu.

#### 6.3.1. Đặc điểm kết cấu đầu âu và nội dung tính toán.

Trong kết cấu cầu tàu hiện nay, đầu âu thường là kết cấu bê tông cốt thép có tường liền đáy. Trong tường đầu âu có cống dẫn nước, khe cửa, khe phai... do đó kết cấu phức tạp.

Ngoài những tải trọng như áp lực đất, áp lực nước ngầm, tường đầu âu còn chịu áp lực cửa, áp lực nước từ thượng lưu.

Vì thế, việc tính toán tường đầu âu không giống tường buồng âu, tính toán đầu âu bao gồm:

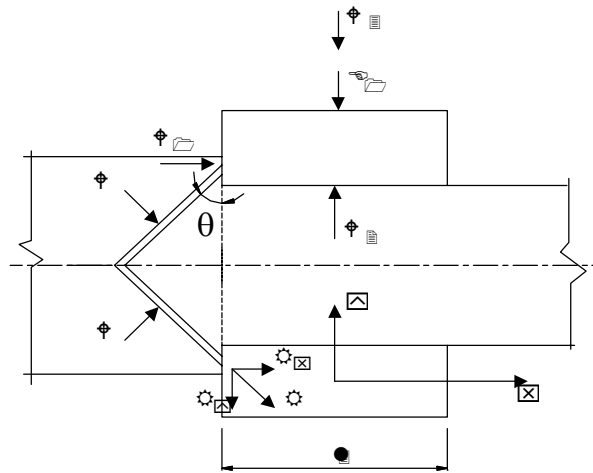
- + Tính kết cấu tường đầu âu.
- + Tính ổn định trượt toàn bộ đầu âu.
- + Tính kết cấu bản đáy đầu âu.

#### 6.3.2. Tính tường đầu âu.

Bộ phận cửa vào ( $I_1$ ) và bộ phận mương cửa ( $I_2$ ) của tường đầu ôu được tính toán như tường buồng ôu. Ở đây ta chỉ xét bộ phận chống đỡ  $I_3$  vì bộ phận này chịu thêm tác dụng của cửa ôu.

Bộ phận chống đỡ  $I_3$  chịu tác dụng của các ngoại lực sau:

- + Áp lực nước tác dụng vào phía trong mương cửa  $w_1$ .
- + Áp lực nước  $w_2$ .
- + Áp lực nước ngầm  $w_3$ .
- + Áp lực đất phía sau tường  $E_1$ .
- + Phản lực của cửa tác động lên tường  $R_x, R_y$ .



**Hình 6.8 : Sơ đồ tính toán tường đầu ôu.**

Nếu ta lấy hệ trục tọa độ mà gốc nằm tại trọng tâm mặt cắt tính toán, trục x song song với trục ôu, trục y vuông góc với trục ôu thì ta có công thức kiểm nghiệm ứng suất tại mặt cắt nguy hiểm nhất (mặt cắt dưới đáy tường) là:

$$\frac{\sum N}{F} - \frac{\sum M_x}{W_x} - \frac{\sum M_y}{W_y} \leq \frac{\sigma_{pu}}{K_{pu}} \tag{6-17}$$

Trong đó:

$\sigma_{pu}$ : cường độ cực hạn chịu kéo khi uốn của bê tông.

$R_b = 200^{\#} \rightarrow \sigma_{pu} = 28 \text{ kg/cm}^2$ .

$R_b = 250^{\#} \rightarrow \sigma_{pu} = 33 \text{ kg/cm}^2$ .

$R_b = 170^{\#} \rightarrow \sigma_{pu} = 26 \text{ kg/cm}^2$ .

$K_{pu}$ : hệ số an toàn, lấy theo cấp công trình.

$\sum N$ : tổng các lực thẳng đứng.

$\sum M_x, \sum M_y$ : mô men của tất cả các ngoại lực theo trục x và trục y.

$W_x, W_y$ : mô men kháng uốn của mặt cắt tính toán của tường chống đỡ đối với trục x và y ( $W_x = \frac{b.l^2}{6}$ ;  $W_y = \frac{l.b^2}{6}$ ).

Trường hợp tường đầu cầu có cống dẫn nước thì ta coi như khung phẳng có dầm ngang và hai cột bên chịu toàn bộ tải trọng bên trên truyền xuống, 2 cột bên còn chịu áp lực đất và nước.

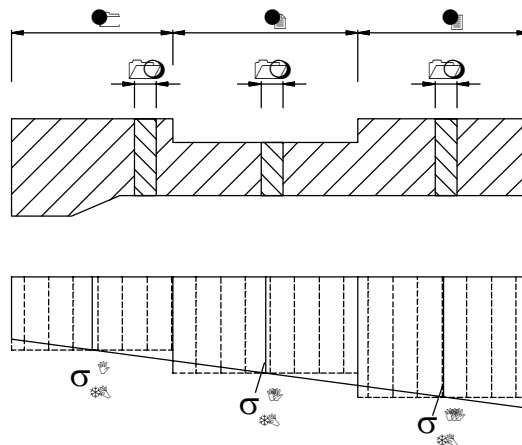
**6.3.3. Tính bản đáy đầu cầu theo phương pháp gần đúng:**

Trong đầu cầu có mương cửa, cống dẫn nước, khe phai hoặc những chỗ mở rộng, khơi sâu khác nên dọc theo trục cầu, đáy cầu có chiều dày khác nhau và tải trọng tác dụng khác nhau.

Bản đáy đầu cầu là kết cấu không gian có mặt cắt thay đổi. Để có thể tính toán theo bài toán phẳng dựa trên lý luận đàn hồi, ta thường chia bản đáy đầu cầu thành một số đoạn đặc trưng theo chiều dọc, trong mỗi đoạn có mặt cắt tương tự nhau, tải trọng gần bằng nhau.

Ta giả định sự làm việc của bản đáy đầu cầu là vừa phải chịu tác dụng của tải trọng trên mỗi đoạn vừa chia, đồng thời vừa chịu tác dụng của tải trọng toàn khối bản đáy đầu cầu.

Đối với bản đáy đầu cầu cửa chữ nhân, ta có thể chia làm 3 đoạn để tính toán như trên hình 5.16.



**Hình 6.9 : Sơ đồ tính toán bản đáy đầu cầu cửa chữ nhân**

và biểu đồ phản lực nền.

Phản lực nền toàn bộ đáy xác định theo công thức:

$$\delta_{\max}^{\min} = \frac{\Sigma P + \Sigma q}{F} \pm \frac{\Sigma M}{W} \tag{6-18}$$

Trong đó:

$\Sigma P$ : tổng các lực thẳng đứng (tập trung).

$\Sigma q$ : tổng các lực phân bố thẳng đứng.

Phản lực nền riêng biệt của mỗi đoạn được xác định theo công thức:

$$\delta'_i = \frac{\Sigma N'_i}{F'_i} \tag{6-19}$$

$\Sigma N'_i$ : tổng các lực thẳng đứng tác dụng ở đoạn thứ i.



Để tìm lực cân bằng cho mỗi đoạn, ta tách ra 1m dĩa của từng đoạn trong biểu đồ chung ta có:

$$P_{cb} = \frac{\Omega - \Omega'}{2} \tag{6-20}$$

$$q_{cb} = \frac{\Omega - \Omega'}{2l}$$

Trong đó:

$\Omega$ : diện tích biểu đồ phản lực nền của mỗi đoạn khi tính chung toàn bộ bản đáy đầu cầu.

$\Omega'$ : diện tích biểu đồ phản lực nền của mỗi đoạn khi tính riêng từng đoạn.

Với các ngoại lực đã tính được ta có sơ đồ tính toán cho từng đoạn như trên hình 6.10

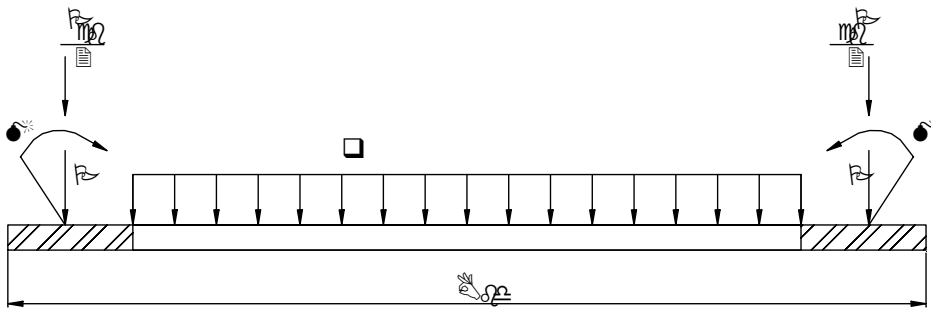
Tải trọng phân bố:

$$q = q_{bt} - q_{đn} - q_{cb} \tag{6-21}$$

Ở đây:

$q_{bt}$ : trọng lượng bản đáy phân bố.

$q_{đn}$ : áp lực nước đáy nổi.



**Hình 6. 10 : Sơ đồ tính toán bản đáy đầu cầu.**

Sau khi đã có sơ đồ tính toán ta dùng các phương pháp tính cấu kiện trên nền đàn hồi để xác định mô men và lực cắt của từng đoạn.

Để xét đến điều kiện làm việc chung của kết cấu là một khối toàn vẹn, ta xác định các trị số mô men và lực cắt trung bình.

$$M_{TB} = \frac{\sum M_i^{max} \cdot l_i}{\sum l_i} \tag{6-22}$$

$$Q_{TB} = \frac{\sum Q_i^{max} \cdot l_i}{\sum l_i}$$

Trong đó:

$M_i^{max}$ : mô men lớn nhất tại mỗi đoạn.

$Q_i^{max}$ : lực cắt lớn nhất tại mỗi đoạn.

$l_i$ : chiều dài mỗi đoạn.

Cuối cùng ta xác định được mô men và lực cắt tính toán của từng đoạn là:

$$M_i'' = \frac{M_{TB} M_i}{2} \tag{6-23}$$

$$Q_i'' = \frac{Q_{TB} + Q_i}{2}$$

Có các trị số  $M_{tt}$ ,  $Q_{tt}$  ta tiến hành bố trí cốt thép cho bản đáy đầu âu.

**6.3.4. Kiểm tra trượt toàn bộ đầu âu:**

$$K_{tr} = \frac{\sum lucgiu}{\sum gaytruot} \geq [K_{tr}] \tag{6-26}$$

**6.3.4.1. Các lực giữ:**

+ Lực ma sát đáy:

$$F_{ms}^d = (N - Q).k_{ms} \tag{6-25}$$

Trong đó:

N: tổng các lực lên xuống (trọng lực).

Q: Tổng các lực đẩy lên (lực thấm, áp lực đẩy nổi).

$k_{ms}$ : hệ số ma sát giữa bê tông và đất.

$$k_{ms} = \text{tg}\varphi + \frac{C}{\sigma_{tb}} \tag{6-26}$$

C- Lính của đất.

$\sigma_{tb}$  - Phản lực nền trung bình dưới đáy âu.

+ Lực ma sát cạnh:

$$F_{ms}^c = 2K.\Sigma\sigma_i.\omega_i.\text{tg}\delta_i \tag{6-27}$$

Trong đó:

$\sigma_i$ - Áp lực đẩy ngang của đất lên tường đầu âu tại diện tích  $\omega_i$ .

$\text{tg}\delta_i$ : hệ số ngoại ma sát của đất nền và tường  $\left(\delta_i = \frac{\varphi_i}{2}\right)$ .

k: hệ số an toàn:

$K = 0.5$  với đầu âu trên.

$K = 1.0$  với đầu âu dưới.

**6.3.4.2. Các lực gây trượt bao gồm:**

+ Áp lực nước W lên cửa

+ Áp lực đất  $E_d$  (phía thượng lưu)

- Đối với đầu âu dưới  $[K_{tr}] = 1,6$ .

- Đối với đầu âu trên có tường buồng âu bằng bê tông  $[K_{tr}] = 1,1$ .

**6.3.5. Kiểm tra lún:**

Tính toán lún đầu tàu như trong cơ học đất, ở đây chỉ nêu ra một số yêu cầu đối với tính lún đầu âu.

#### 6.3.5.1. Trị số lún tuyệt đối < trị số lún cho phép:

Với đầu âu có cột nước  $H < 15\text{m}$ , trị số lún cho phép là  $0,1 \div 0,2\text{m}$  đối với nền trung bình, còn đối với nền yếu, mềm là  $0,3 \div 0,5\text{m}$ .

#### 6.3.5.2. Độ nghiêng cho phép của đầu âu:

- Với cửa chữ nhân, độ nghiêng cho phép của trụ cửa là:  $[i] = 1: 0,065 \div 1: 0,033$ .
- Với cửa kéo lên:  $i = 1: 0,007 \div 1: 0,01$ .

Khi tính toán ta lấy độ nghiêng tính toán

$$i_{tt} = \frac{[i]}{K} \quad (6-28)$$

$K = 1,5 \div 2,0$ : Hệ số an toàn