

CHƯƠNG 12

ÂU TÀU

§1. KHÁI NIỆM CHUNG

I. Khái niệm

Âu tàu là công trình chuyên môn được xây dựng trên sông hoặc kênh đào ở những nơi có chênh lệch mực nước đột ngột như chỗ có đập chắn, nhà máy thủy điện... để đảm bảo cho tàu thuyền qua lại.

Đây là loại công trình được xây dựng khá phổ biến ở trên thế giới và nước ta như: âu tàu Maxcova, Vônga,...



Hình 12.1 Âu tàu

II. Nguyên tắc và điều kiện làm việc của âu tàu

1. Nguyên tắc

Âu tàu làm việc dựa theo nguyên tắc bình thông nhau để tạo ra sự cân bằng nước trong âu với bên ngoài để tàu có thể ra vào được.

Xét âu tàu đơn giản một cấp, tàu đi từ hạ lưu lên thượng lưu.

- + Mở cửa van hạ lưu
- + Đưa tàu từ hạ lưu vào âu
- + Đóng cửa van hạ lưu
- + Cấp nước đầy âu tàu (ngang MNTL)
- + Mở cửa van thượng lưu
- + Đưa tàu ra thượng lưu

Khi tàu đi từ thượng lưu về hạ lưu vận hành ngược lại.

Quá trình một lần tàu đi qua gọi là một lần thông âu.

2. Điều kiện làm việc

- Âu tàu làm việc dưới tác dụng của cột nước cao và thay đổi nhiều, do đó kết cấu phải đảm bảo điều kiện thấm, cường độ, ổn định.

- Khi cấp và tháo nước khỏi âu tàu phải tránh hiện tượng xoáy cuộn và sóng lớn, đảm bảo cho điều kiện ổn định của tàu trong và ngoài âu.

III. Phân loại âu tàu

Phân loại âu tàu dựa vào số lượng buồng âu và sự bố trí các buồng âu trên bình diện.

- Phân loại theo số buồng âu bố trí nối tiếp:

+ Âu đơn cấp: được xây dựng khi có chênh

lệch cột nước nhỏ ($H \leq 20\text{m}$ đối với nền mềm; $H \leq 42$ đối với nền đá cứng). Để quá trình thông âu nhanh và tiết kiệm nước khi thuyền qua âu ít có thể bố trí cửa phụ ở giữa âu, khi chênh lệch cột nước lớn ($H=20+30$ hoặc lớn hơn) người ta xây dựng tường ngược ở đầu âu hạ để giảm chiều cao của van.

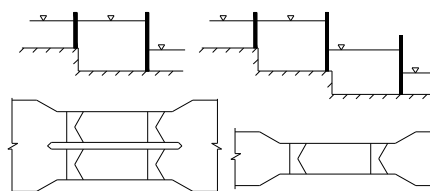
+ Âu đa cấp: được xây dựng ở những chỗ có chênh lệch cột nước quá cao không cho phép xây âu đơn cấp.

- Phân loại theo bố trí buồng âu trên mặt bằng:

+ Âu đơn tuyến

+ Âu đa tuyến: có hai hay nhiều tuyến thông âu song song.

Trong một số trường hợp có thể bố trí âu tàu vừa đa cấp vừa đa tuyến.



Hình 12.1

§2. HÌNH DẠNG KÍCH THƯỚC VÀ BỐ TRÍ ÂU TÀU TRÊN MẶT BẰNG KHẢ NĂNG VẬN CHUYỂN CỦA ÂU TÀU

I. Hình dạng và các kích thước cơ bản

Âu tàu có các bộ phận cơ bản gồm : buồng âu, đầu âu và đường dẫn tàu, hệ thống cấp nước.

1. Buồng âu

- Chiều dài hiệu ích buồng âu:

$$L = L_k + \sum_{i=1}^n L_i + (n+2)\Delta L$$

L_k : chiều dài tàu kéo

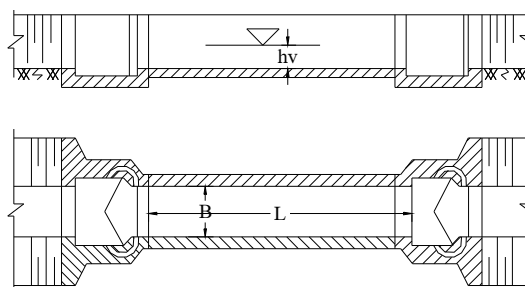
L_i : chiều dài tàu thông âu

n : số tàu được thông sắp xếp theo chiều dọc

ΔL : khoảng cách giữa các tàu, giữa tàu với hai đầu âu

Khi đoàn tàu tổ chức theo kiểu tàu kéo thì $\Delta L = (2+5)\text{m}$ hoặc $\Delta L = 0,03L_i$

Khi đoàn tàu tổ chức theo kiểu tàu đẩy thì số hạng $(n+2)$ sẽ là 2



Hình 12.2

- Chiều rộng hiệu quả của buồng âu

$$B = \sum_{i=1}^n B_i + (m+1)\Delta B$$

B_i : chiều rộng tàu

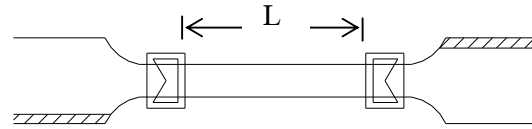
$\Delta B = (0,05-0,07)B_t$: khoảng cách giữa các tàu hoặc giữa tàu với tường biên

Trường hợp đoàn thuyền ghép thì $(m+1)$ sẽ là 2.

Chiều rộng buồng âu theo kinh nghiệm, có thể xác định theo công thức:

$$B = (1,10-1,15) \sum B_T'$$

$\sum B_T'$ - tổng chiều rộng của các tàu qua âu cùng một lúc.



Hình 12.3

- Chiều sâu của nước hiệu ích trong âu

Là chiều sâu tính từ mực nước thấp nhất đến điểm cao nhất của đáy âu.

$$h_v = T + \Delta T$$

T : chiều sâu tàu ngập trong nước khi tàu chở đầy

ΔT : chiều sâu an toàn dưới đáy tàu

Đối với âu tàu bằng đá xây, bê tông, bê tông cốt thép:

$$\Delta T = 0,30m \quad \text{khi } h_v < 2,5m$$

$$\Delta T = 0,5m \quad \text{khi } h_v > 2,5m$$

2. Đầu âu

Thông thường có ngưỡng vào, cửa van chính, van phụ, hệ thống cấp thoát nước. Kích thước đầu âu phụ thuộc sự lựa chọn kết cấu các bộ phận nói trên.

3. Đường dẫn tàu

- Nằm nối tiếp với đầu âu về hai phía thượng và hạ lưu. Trên đường dẫn tàu có bố trí giá dặt tàu, ngoài ra còn bố trí bến tàu để tàu đậu chờ.

- Có thể bố trí đường dẫn tàu đối xứng hoặc không đối xứng.

+ Dạng đối xứng có nhược điểm là khi tàu vào hoặc ra khỏi âu đều phải đổi hướng.

+ Đường dẫn không đối xứng có ưu điểm là trong hai hướng vào và ra có một hướng tàu được đi thẳng. Trong vận hành nên dùng tuyến thẳng vào âu cho hướng có yêu cầu vận chuyển lớn về số lượng cũng như trọng lượng vận tải.

- Độ sâu của nước trong đường dẫn tàu thông thường lấy bằng chiều sâu của nước trong âu và cao trình đáy đường dẫn tàu bằng cao trình đáy âu.

- Chiều rộng của đường dẫn tàu xác định trên cơ sở chiều rộng của kênh vận tải.

$$B_k = 2.B_t + a_1 + 2a_2$$

B_t : chiều rộng lớn nhất của tàu hoặc đoàn tàu.

a_1 : khoảng cách giữa hai tàu $a_1 \geq 0,2B_t$

a_2 : khoảng cách giữa tàu với bờ $a_2 \geq 0,2B_t$

- Diện tích mặt cắt kênh khi mực nước trong kênh thấp nhất ω_{\min} cần thoả mãn:

$$\frac{\omega_{\min}}{\lambda_{\max}} \geq n_k$$

λ_{\max} : diện tích mặt cắt ngang của tàu ngập trong nước khi tàu với trọng tải lớn nhất.

n_k : hệ số phụ thuộc cấp công trình

$n_k = 4$ công trình cấp I

$n_k = 3-3,50$ công trình cấp II, III, IV

- Khi tuyến kênh dẫn là tuyến cong hoặc nơi tàu đi ngoặc phải đảm bảo an toàn cho tàu và mái dốc của kênh thì chiều rộng của kênh cần tăng thêm so với đoạn kênh thẳng ΔB_k là :

$$\Delta B_k = 0,35 \frac{l_t^2}{R}$$

l_t : chiều dài tính toán lớn nhất của tàu hoặc tổng chiều rộng của những tàu song song đồng thời khi ghép cứng l_{tg}

R : bán kính đoạn kênh cong hoặc bán kính của bờ uốn cong của đường đất tàu. Thông thường bán kính cong lấy bằng: $R \geq 5l_t$ và $R \geq 3l_{tg}$

Chiều dài đường dẫn tàu ở mỗi phía thượng và hạ lưu L_k theo kinh nghiệm $L_k = 1,2L$.

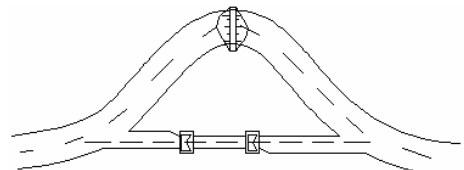
II. Bố trí âu tàu

- Khi bố trí âu tàu dựa trên các nguyên tắc sau :

- + Căn cứ vào địa hình, địa chất, điều kiện thi công...để chọn phương án tốt nhất.
- + Đảm bảo thuyền vào, ra, chờ đợi an toàn và nhanh chóng.
- + Khi âu tàu gần các công trình khác như đập tràn, nhà máy thủy điện phải đảm bảo nước từ các công trình đó không làm ảnh hưởng đến các thuyền qua lại.
- + Cửa đoạn kênh dẫn không nên bố trí ở khúc sông có lưu tốc quá lớn và không nên hợp với trục sông một góc quá lớn, thường $\alpha = 15 - 20^\circ$.
- + Lưu tốc dòng chảy ở cửa hạ lưu không quá $(2-2,5)m/s$; vận tốc chảy ngang không quá $(0,2-0,3)m/s$; cửa vào lưu tốc chảy vòng không quá $(0,4-0,5)m/s$

- Có thể bố trí âu tàu theo các dạng sau :

- + Nếu trong hệ thống có đập dâng, trạm thủy điện và âu tàu thì nên bố trí trạm thủy điện và âu tàu nằm về hai phía của đập (hình 12.1)
- + Nếu bắt buộc phải bố trí trạm thủy điện và âu tàu cạnh nhau, thì giữa âu tàu và trạm thủy điện nên có một đoạn đập không tràn hoặc một khu đất để ngăn cách; cũng có thể bố trí trạm thủy điện góc xiên để dòng chảy từ trạm thủy điện không xô vào âu tàu.
- + Trường hợp khối công trình đặt ở đoạn sông cong thì nên bố trí âu thuyền tách rời đặt phía bờ lồi và có kênh dẫn riêng (hình 12.4).
- + Có thể bố trí thân âu nhô về phía trước hoặc phía sau tuyến đập (hình 12.1).



Hình 13.4 Âu thuyền ở đoạn sông cong

III. Xác định khả năng vận chuyển của âu tàu

- Năng lực vận chuyển lý thuyết hàng năm :

$$P = n.N.m.p$$

$$n = \frac{1440}{T} : \text{Số lần qua âu lý thuyết trong một ngày đêm}$$

T [phút] : thời gian mỗi lần thuyền qua âu.

N : số ngày vận chuyển trong năm

m : số thuyền mỗi lần vận chuyển qua âu

p : trọng lượng trung bình mỗi tàu

- Năng lực vận chuyển thực tế trung bình hàng năm

$$P_t = n \cdot \frac{N.m.p.\alpha}{\beta} \cdot \frac{\tau}{24}$$

$\alpha = 0,70-0,80$ hệ số lợi dụng trọng tải

$\beta = 1,5-1,75$ hệ số không cân đối, do lượng vận chuyển hàng hoá trong năm ở từng thời kỳ nhiều ít khác nhau.

$\tau = (20-21)h$ số giờ vận chuyển thực tế trong một ngày đêm.

§3. HỆ THỐNG CẤP THÁO NƯỚC ÂU TÀU

I. Yêu cầu đối với hệ thống cấp tháo nước

- Đảm bảo việc cấp đầy hay tháo cạn trong thời gian nhất định.
- Đảm bảo ổn định cho tàu thuyền ở trong âu, để thoả mãn điều này ta có thể neo dọc và ngang.

+ Lực neo dọc :

$$P_d = 0,3 \cdot \sqrt[3]{W}$$

W : lực đẩy của nước lên tàu, bằng trọng lượng khối nước do tàu chiếm chỗ.

+ Lực neo ngang

$$P_n = 0,5.P_d$$

- Đảm bảo ổn định cho tàu thuyền ở kênh dẫn thượng và hạ lưu, khống chế vận tốc dòng chảy trong kênh.

+ $v \leq 0,8m/s$ kênh vận tải chính

+ $v \leq 1,0m/s$ kênh vận tải địa phương

- Thời gian cấp thoát nước cho âu càng ngắn càng tốt.

II. Các sơ đồ cấp thoát nước cho âu tàu.

1. Hệ thống cấp thoát nước tập trung

- Ưu điểm : đơn giản.
- Nhược điểm : nước chảy tập trung nên gây lực thuỷ động lớn làm mất ổn định tàu thuyền.

2. Hệ thống cấp thoát nước phân bố

Cấp thoát nước vào buồng âu được thực hiện bằng hệ thống hành lang dọc được bố trí trong tường hoặc dưới bản đáy.

- Ưu điểm : dòng chảy phân tán tàu thuyền ổn định hơn.
- Nhược điểm : kết cấu phức tạp.

§4. CẤU TẠO ÂU TÀU

I. Đường viền thấm của âu tàu

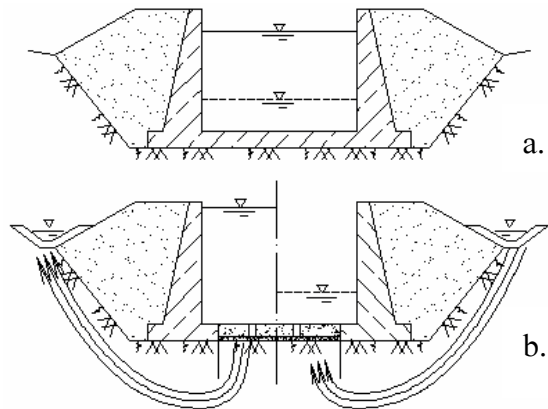
1. Đặc điểm của dòng thấm

- Do chiều dài và chiều rộng của âu tàu nhỏ nên dòng thấm dưới đáy và dòng thấm vòng quanh mang tính không gian.
- Do cột nước thấm thay đổi theo sự cấp đầy hoặc tháo cạn nước trong buồng âu nên dòng thấm ở âu tàu là dòng thấm không ổn định.

2. Đường viền thấm

a. Đáy âu không thấm nước (hình 12.4a)

Kết cấu buồng âu giống như một hộp cứng, cho nên đường viền thấm giống như thấm dưới đáy công trình thuỷ lợi.



Hình 12.4

b. Đáy âu thấm nước

Hiện tượng thấm phức tạp hơn, thấm dưới âu tàu có hai dạng :thấm dọc và thấm ngang.

- Thấm dọc :

Có thể xem mỗi đầu âu là công trình dâng nước độc lập. Như vậy mỗi đầu âu có một đường viền thấm riêng bao gồm : hộ đáy, bản cọc, sân trước vật thoát nước...

Trường hợp tính toán : đầu âu trên với trường hợp mực nước trong âu cạn nhất; đầu âu dưới là trường hợp mực nước trong âu lớn nhất.

- Thấm ngang (hình 12.4b):

+ Khi buồng âu đầy nước, dòng thấm có thể đi từ buồng âu ra ngoài; khi trong buồng âu nước tháo cạn dòng thấm có thể đi từ ngoài vào trong thân âu.

Xuất phát từ điều kiện thấm của âu tàu nói trên, muốn giảm nhẹ kết cấu thân âu cần bố trí hệ thống thoát nước dọc nằm ngoài hai bên tường âu. Hệ thống thoát nước dọc bắt đầu từ cuối đầu âu trên, do vật thoát nước nằm sát đầu âu nên có thể xuất hiện dòng thấm từ thượng lưu xuống vật thoát nước. Trong trường hợp này có thể gây nguy hiểm ở mặt tiếp

xúc đầu âu bằng bê tông với đất đắp, để khắc phục hiện tượng này có thể bố trí tường chân khay hoặc bản cọc bên.

II. Kết cấu thân âu

1. Thân âu có đáy cứng không thấm nước.

Được xây dựng khi công trình trên nền có địa chất nền tương đối xấu, có cột nước cao ($H \geq 8+10\text{m}$).

Chiều dày bản đáy thường khoảng bằng $\frac{1}{4} + \frac{1}{5}$ chiều cao tường. Kết cấu thân âu với đáy cứng thông thường làm bằng bê tông cốt thép. Tường và bản đáy có thể dính liền hoặc có khớp nối (khớp nối có thể bố trí ở giữa đáy âu hoặc ở góc nối tiếp bản đáy với tường bên).

2. Thân âu có đáy mềm thấm nước.

Được xây dựng khi âu có chiều rộng lớn $B > 20\text{m}$ và cột nước thấp $H < 8+10\text{m}$, tỷ số $H/B < 0,6$.

Đáy âu và tường âu làm việc độc lập với nhau, như vậy điều kiện làm việc của tường âu thực chất giống như tường chắn đất. Để giảm nhẹ khối lượng tường âu nên bố trí theo dạng tường đứng và bản đáy có dạng hai công-xôn trước và sau tường hoặc tường bản sườn.

Khi lực đẩy ngang hai bên tường âu quá lớn. Để tăng ổn định cho tường nên đặt các thanh chống ngang phía dưới đáy cách nhau khoảng 5m.

Đáy âu có thể là đá xếp hoặc tấm bê tông có đục lỗ, phía dưới có lớp sỏi đá và cát lọc theo nguyên tắc tầng lọc ngược.

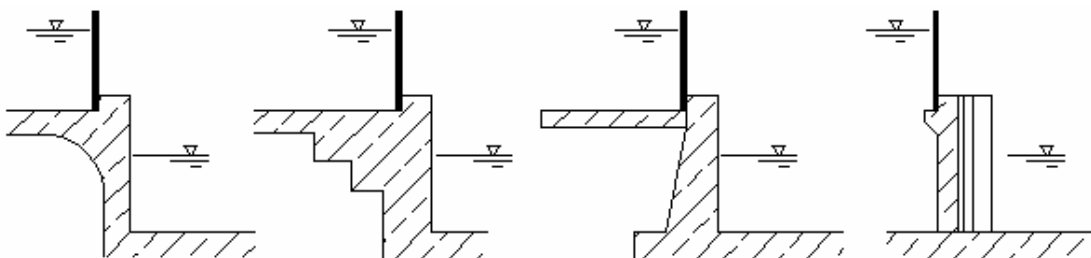
Trường hợp khi tường âu đặt trên vùng nền mềm yếu về mặt chịu lực cũng như ổn định cần phải gia cường nền bằng cách đóng cọc cừ.

III. Kết cấu đầu âu.

Đầu âu là bộ phận nối tiếp giữa kênh dẫn và buồng âu. Hình dạng và kích thước đầu âu được xác định trên cơ sở lựa chọn hình thức cấp và tháo nước của âu tàu, loại thiết bị cơ khí và địa chất nền.

Cấu tạo đầu âu bao gồm tường bên và bản đáy. Thường tường và bản đáy liền một khối. Tường bên là loại tường trọng lực đặc hoặc có hành lang để dẫn nước hay loại tường ô rỗng dùng trong điều kiện địa chất xấu.

Khi cột nước thượng lưu lớn, để giảm chiều cao của van và tường bên người ta làm các ngưỡng bậc (hình 12.5).



Hình 12.5 Ngưỡng đầu âu

§5. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC ÂU TÀU

I. Tính toán thời gian thông âu

- Đối với âu tàu một cấp và thông tàu một chiều, tàu đi từ hạ lưu về thượng lưu phải qua các giai đoạn sau :

- | | |
|---------------------------------------|----------|
| 1. Thời gian đưa tàu vào âu | t_1 |
| 2. Thời gian đóng cửa van đầu âu dưới | t_2 |
| 3. Thời gian cấp nước đầy âu | t_3 |
| 4. Thời gian mở cửa van đầu âu trên | t_2' |
| 5. Thời gian đưa tàu lên thượng lưu | t_4 |
| 6. Thời gian đóng cửa van đầu âu trên | t_2'' |
| 7. Thời gian tháo cạn âu | t_3' |
| 8. Thời gian mở cửa van đầu âu dưới | t_2''' |

Gần đúng có thể xem : $t_2=t_2'=t_2''=t_2'''$; $t_3=t_3'$, suy ra tổng thời gian thông âu :

$$T = \sum t_i = t_1 + 4.t_2 + 2t_3 + t_4$$

- Đối với tàu một cấp thông tàu hai chiều

Thời gian thông âu gồm 5 giai đoạn đầu ở trên và tiếp theo là các giai đoạn sau đây :

- | | |
|--|----------|
| 6a. Thời gian tàu đi từ âu đến bến đợi | t_5 |
| 7a. Thời gian tàu đi từ bến đợi đến đầu âu | t_6 |
| 8a. Thời gian tàu vào âu | t_1' |
| 9. Thời gian đóng cửa van đầu âu trên | t_2'' |
| 10. Thời gian tháo cạn âu | t_3' |
| 11. Thời gian mở cửa van đầu âu dưới | t_2''' |
| 12. Thời gian tàu ra khỏi âu | t_4' |
| 13. Thời gian tàu đi từ âu đến bến đợi | t_5' |
| 14. Thời gian tàu đi từ bến đợi đến đầu âu | t_6' |

$$T = \sum t_i = 2.t_1 + 4.t_2 + t_3 + t_3' + 2.t_4 + 2.t_5 + 2.t_6$$

Nếu tính cho một chuyến tàu : $T'=0,5T \rightarrow$ thông tàu hai chiều tiết kiệm được thời gian hơn.

II. Tính toán lưu lượng cần thiết cho âu tàu

- Đối với âu tàu một cấp thông tàu từ một phía lượng nước tổn thất xuống hạ lưu chính là thể tích khối nước trong buồng âu giữa mực nước thượng và hạ lưu :

$$V_1 = (1,15+1,20)L.B.H$$

- Đối với âu tàu một cấp thông tàu từ hai phía

$$V_2 = \frac{1}{2} \cdot V_1 \quad (\text{tính cho một phía})$$

- Lượng nước cần thiết để thông âu trong một ngày đêm
- + Đối với âu một cấp

$$V_{\text{ngđ}} = 0,75 \cdot n_{\text{max}} \cdot V_{\text{max}}$$

- + Đối với âu tàu nhiều cấp

$$V_{\text{ngđ}} = n_{\text{max}} \cdot V_{\text{max}}$$

n_{max} : số lần thông tàu lớn nhất trong một ngày đêm

V_{max} : lượng nước chứa trong buồng âu lớn nhất

- Lưu lượng rò rỉ ở các khe

$$q_r = c \cdot \Sigma b \quad (\text{l/s})$$

c : lưu lượng rò rỉ đơn vị : $c = 1,5 \div 2,0 \text{ l/s}$ đối với âu tàu có $H \leq 10\text{m}$

$c = 2,5 \div 3,0 \text{ l/s}$ đối với âu tàu có $H > 10\text{m}$

Σb : tổng chiều dài toàn bộ khe hở của van

- Lưu lượng cần thiết thông âu trung bình

$$Q = \frac{V_{\text{ngđ}}}{86400} + \frac{q_r}{1000} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Lưu ý : Khi tính toán cân bằng nước cần phải tính lưu lượng để vận hành âu tàu.

III. Thời gian lấp đầy và tháo cạn buồng âu

- Giả thiết cửa van hành dẫn nước mở hết tức thời
- Xét trường hợp tổng quát âu tàu nhiều cấp, diện tích mặt thoáng của hai buồng âu kế tiếp khác nhau $F_1 \neq F_2$.

- Xác định thời gian cấp đầy hoặc tháo cạn khi đã biết kích thước hành lang dẫn nước.

- + Tại thời điểm bất kỳ độ chênh mực nước giữa hai buồng là y

- + Sau thời gian dt lượng nước từ âu trên xuống âu dưới là dw

$$dw = Q \cdot dt = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot y} \cdot dt \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác : } dw = -F_1 \cdot dy_1 = F_2 \cdot dy_2 \quad (2)$$

$$\Rightarrow dy_2 = -\frac{F_1}{F_2} \cdot dy_1$$

- + Sự thay đổi độ chênh cột nước trong thời gian dt :

$$dy = dy_1 - dy_2$$

$$\text{từ đó ta có : } dy = \left(1 + \frac{F_1}{F_2}\right) \cdot dy_1 = \frac{F_2 + F_1}{F_2} \cdot dy_1$$

$$\Rightarrow dy_1 = \frac{F_2}{F_1 + F_2} \cdot dy \quad \text{thế vào (2) ta được :}$$

$$dw = -F_1 \cdot dy_1 = -\frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot dy$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot y} \cdot dt &= - \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot dy \\ \Rightarrow dt &= - \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \frac{dy}{\sqrt{y}} \\ \Rightarrow T &= \int_0^T dt = \int_H^0 - \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \frac{dy}{\sqrt{y}} \\ \Rightarrow T &= 2 \cdot \frac{F_1 \cdot F_2}{F_1 + F_2} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{H} \end{aligned}$$

Nếu âu tàu nhiều cấp với $F_1 = F_2 = \dots = F_n = F$

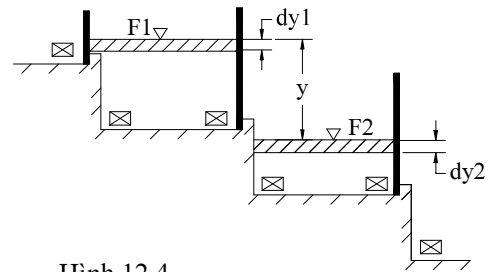
$$\Rightarrow T = \frac{F \cdot \sqrt{H}}{\mu \cdot \omega \sqrt{2g}}$$

Trường hợp âu tàu một cấp có mặt thoáng của buồng âu là F , mặt thoáng thượng lưu F_1 thì:

$$\begin{aligned} T &= 2 \cdot \frac{F_1 \cdot F}{F_1 + F} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{H} \\ \Rightarrow T &= \frac{2 \cdot F}{1 + \frac{F}{F_1}} \cdot \frac{1}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{H} \end{aligned}$$

có thể xem $F_1 \rightarrow \infty$

$$\Rightarrow T = \frac{2 \cdot F \cdot \sqrt{H}}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g}}$$



Hình 12.4

- Đối với bài toán ngược cho trước thời gian T xác định diện tích mặt cắt hành lang dẫn nước