



HCMUTE

FLUID DYNAMICS

Hung-Son Dang Ph.D.





CHƯƠNG 7

TÍNH TOÁN THUỶ LỰC ĐƯỜNG ỐNG CÓ ÁP



7.1 Khái niệm chung

1. Định nghĩa:

Đường ống dùng để dẫn chất lỏng từ nơi này đến nơi khác, là phương tiện để truyền cơ năng của chất lỏng từ nơi này đến nơi khác.

Ví dụ: Nhờ đường ống, chất lỏng được dẫn từ bơm qua van phân phối đến các xilanh lực trong các hệ thống truyền động, truyền lực hoặc đến các bộ phận cần bôi trơn (như các ổ trục), trong các máy móc, dẫn nước từ tháp nước đến nơi tiêu thụ.

Hệ thống đường ống tốt là hệ thống dẫn chất lỏng đến nơi tiêu thụ đúng yêu cầu về cột áp và lưu lượng, gây tổn thất năng lượng ít nhất, có lợi về kỹ thuật và kinh tế.

7.1 Khái niệm chung

* Mục đích tính toán thủy lực đường ống:

- Thiết kế hệ thống đường ống mới hoặc kiểm tra để sửa chữa hệ thống đường ống cũ.

- Điều chỉnh hệ thống sẵn có cho phù hợp với yêu cầu cụ thể (xác định một trong các thông số lưu lượng Q , cột áp H tại đầu và cuối đường ống, đường kính d hoặc cả d và H).

2. Phân loại:

a) Dựa trên tỉ lệ giữa tổn thất năng lượng cục bộ và tổn thất dọc đường của dòng chảy, chia đường ống ra làm hai loại:

- * *Đường ống dài*: đường ống trong đó tổn thất dọc đường là chủ yếu, còn tổn thất cục bộ và cột áp vận tốc không đáng kể, có thể bỏ qua được ($l \gg d$ hàng ngàn lần), tổn thất cục bộ và cột áp vận tốc $< 10\%$ so với tổn thất dọc đường.

- * *Đường ống ngắn*: đường ống trong đó tổn thất cục bộ và cột áp vận tốc là đáng kể so với tổn thất dọc đường, không thể bỏ qua được, tổn thất cục bộ và cột áp vận tốc $> 10\%$ so với tổn thất dọc đường.

7.1 Khái niệm chung

b) Dựa vào kết cấu: phân làm hai loại (Q , d)

* *Đường ống đơn giản*: đường ống có đường kính và lưu lượng dọc theo chiều dài của nó không đổi.

* *Đường ống phức tạp*: đường ống có đường kính hoặc lưu lượng thay đổi dọc theo chiều dài của nó. Đường ống phức tạp do nhiều đường ống đơn giản ghép nối lại, những chỗ nối gọi là *nút*. Có 3 loại:

- Đường ống nối tiếp: $Q = \text{const}$, $d \neq \text{const}$
- Đường ống song song: $Q \neq \text{const}$, $d \neq \text{const}$
- Đường ống phân nhánh hở: $Q \neq \text{const}$, $d = \text{const}$

3. Các thông số cơ bản:

- + Thông số của dòng chảy: v (μ), γ (ρ)
- + Thông số của đường ống: d , l , z , n , ...
- + Thông số thủy lực: Q , H .

7.1 Khái niệm chung

Trong đó: Q , H , d là 3 thông số cơ bản của hệ thống. Tùy thuộc vào việc cần xác định thông số nào, có 4 bài toán cơ bản.

4. Bốn bài toán cơ bản:

- + Bài toán 1: xác định cột áp H khi cho Q và d , còn gọi là bài toán *Thiết kế nguồn*.
- + Bài toán 2: xác định lưu lượng Q khi cho H và d , còn gọi là bài toán *Kiểm tra*.
- + Bài toán 3: xác định đường kính d khi cho Q và H , còn gọi là bài toán *Thiết kế đường ống*.
- + Bài toán 4: xác định cột áp H và d khi cho Q , còn gọi là bài toán *Thiết kế tổng hợp*.

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

a) Công thức cơ bản:

Viết phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt ướ́t:

$$H_o + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = 0 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$

Đặt: $H = H_{tđ} - H_{tc} = H_o + \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ - gọi là *cột áp của hệ thống*.

$$H = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_w \quad (7.1)$$

Từ phương trình liên tục: $Q = v_1 S_1 = v_2 S_2$, ta có: $v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1}$

$$h_w = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_c \right) \frac{v_2^2}{2g}$$

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

a) Công thức cơ bản:

Thay vào pt (7.1) ta có phương trình:

$$\begin{aligned} H &= \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_2^2}{2g} \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 + \left(\lambda \frac{l}{d_1} + \sum \xi_c \right) \frac{v_2^2}{2g} \\ &= \frac{v_2^2}{2g} \left[\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_c \right] \end{aligned}$$

Thay $v_2 = \frac{4Q}{\pi d^2}$ ta được:

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4} \left[\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_c \right] \quad (7.2)$$

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

a) Công thức cơ bản:

Nếu dòng chảy tầng đều, đường ống dài:

$$H = h_w = h_d = \frac{128\nu l Q}{g\pi d^4}$$

Hay rút Q ra , ta được:

$$Q = \sqrt{H \frac{\pi^2 d^4 g}{8 \left[\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{s_2}{s_1} \right)^2 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_c \right]}} \quad (7.3)$$

Công thức (7.2) và (7.3) là các công thức cơ bản của phương pháp Bernoulli.

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

b) Giải bốn bài toán cơ bản:

* Bài toán 1: xác định cột áp H (Q , d đã biết)

Từ biểu thức (7.2) ta xác định ngay được H .

* Bài toán 2: xác định lưu lượng Q (H , d đã biết)

Từ biểu thức (7.3), ta có:

$$Q = \sqrt{H \frac{g \pi^2 d^4}{8 \left[\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{s_2}{s_1} \right)^2 + \lambda \frac{1}{d} + \sum \xi_c \right]}}$$

Trong đó: $H = H_o + \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$ - là chênh lệch cột áp giữa đầu và cuối đường ống.

7.2 Tính thuỷ lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

b) Giải bốn bài toán cơ bản:

Đây không phải là một biểu thức tuyến tính theo Q vì $\lambda = f(Re)$, $Re = f(v)$, $v = f(Q)$, tức là trong λ chứa Q vì vậy muốn tính được Q ta phải sử dụng phương pháp gần đúng. Ở đây ta sẽ sử dụng phương pháp thử dần, gồm các bước sau:

- Cho trước một giá trị hệ số ma sát λ_i , từ đó tính Re_i , v_i , Q_i . Thay Q_i vào biểu thức (7.2) ta tính được hệ số λ_{i+1} .
- Nếu $\lambda_{i+1} = \lambda_i$, thì Q_i là giá trị cần tìm.
- Nếu $\lambda_{i+1} \neq \lambda_i$, thì từ giá trị λ_{i+1} ta lại tiến hành tính các giá trị Re_{i+1} , v_{i+1} , Q_{i+1} , từ đó suy ra hệ số ma sát λ_{i+2} . Ta tính vòng lặp cho đến khi $\lambda_i = \lambda_{i+1}$ thì Q_i là giá trị cần tìm.

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

b) Giải bốn bài toán cơ bản:

* Bài toán 3: xác định đường kính d (H, Q đã biết)

Ta cũng sử dụng một phương pháp gần đúng khác đó phương pháp đồ thị:

Từ biểu thức (7.1), ta đặt:

$$H = H_0 + \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = f(d_i)$$

Hay:

$$f(d_i) = \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4} \left[\alpha_2 - \alpha_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 + \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi_c \right]$$

- Giả thuyết một số giá trị của d_i
- Thay các giá trị vào vế phải của phương trình ta có được hàm $f(d_i)$
- Biểu diễn hàm trên đồ thị $f(d_i) - d_i$ (Hình 7.2)

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.1 Phương pháp Bernouli

b) Giải bốn bài toán cơ bản:

- Trên tung độ lấy giá trị $H = H_0 + \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$ vạch đường ngang cắt đường cong $f(d_i)$ tại A, từ A dóng đường thẳng xuống trục hoành ta xác định được d_i .

Vậy d_i đó chính là đường kính ống cần tìm.

** Bài toán 4: xác định d và H (Q đã biết) :*

Bài toán có hai ẩn H và d . Thường ta xác định d theo vận tốc hạn chế v_{hc} , hay vận tốc kinh tế v_{kt}

Khi Q đã biết, ta có:

$$Q = v \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{hay} \quad d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{kt}}}$$

Vận tốc hạn chế v_{hc} , hay vận tốc kinh tế v_{kt} có thể tra bảng. Sau đó tính H như bài toán 1.

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.2 Phương pháp hệ số đặc trưng

Điều kiện hạn chế:

- Ống dài
- Dòng chảy đều, có áp
- Chảy rối ở khu vực bình phương sức cản (đối với các khu vực khác phải có hệ số điều chỉnh các kết quả).

Giá trị hệ số hiệu chỉnh tổn thất a khi $v \leq 1,2\text{m/s}$ (dùng cho ống gang thép)

$v(\text{m/s})$	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
a	1,41	1,20	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,030	1,015	1,0

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.2 Phương pháp hệ số đặc trưng

a) Giả thuyết và công thức cơ bản:

Vì đường ống dài cho nên có thể coi toàn bộ độ chênh cột áp chỉ dùng để khắc phục tổn thất dọc đường (bỏ qua cột áp vận tốc và các tổn thất cục bộ)

$$H = h_w \approx h_d = J.l \quad (4-119)$$

trong đó:

J: độ dốc thủy lực

l: chiều dài dòng chảy

Vận tốc trung bình mặt cắt trong dòng chảy đều được xác định bằng công thức Chesy:

$$v = C\sqrt{R_h J}$$

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.2 Phương pháp hệ số đặc trưng

a) Giả thuyết và công thức cơ bản:

Vậy lưu lượng Q trong ống sẽ là:

$$Q = SC\sqrt{R_h J} \quad (4-120)$$

Đặt: $k = SC\sqrt{R_h}$ (4-121)

Ta có: $Q = k\sqrt{J}$ (4-122)

Trong đó k là hệ số đặc trưng lưu lượng, có thứ nguyên của lưu lượng và có giá trị bằng lưu lượng khi độ dốc thủy lực $J = 1$.

Từ (4-121) ta có k chỉ phụ thuộc vào 2 đặc trưng của đường ống là đường kính ống d và hệ số nhám n .

$$k = \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{n} \left(\frac{d}{4}\right)^y \sqrt{\frac{d}{4}} = f(d, n)$$

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.2 Phương pháp hệ số đặc trưng

a) Giả thuyết và công thức cơ bản:

Biểu thức (4.122) là công thức cơ bản để tính thủy lực đường ống dài trong điều kiện nêu trên.

Mặt khác, ta có:

$$Q = k\sqrt{J} = k\sqrt{\frac{H}{l}} \quad (4.123)$$

$$\text{Suy ra: } H = h_d = \frac{Q^2}{k^2} l \quad (4-124)$$

Trong đó k và $1/k^2$ được tính sẵn cho các loại đường ống có d , n khác nhau, và lập thành bảng. Nếu dòng chảy nằm ngoài khu vực sức cản, ta đưa thêm vào hệ số hiệu chỉnh tổn thất a :

$$H = h_d = a \frac{Q^2}{k^2} l \quad (4-125)$$

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.2 Phương pháp hệ số đặc trưng

b) Giải bốn bài toán cơ bản:

***Bài toán 1:** xác định cột áp H (Q, d, n đã biết)

Sử dụng biểu thức (4.125), ta có:

$$H = H_1 - H_2 = h_d = \frac{Q^2}{k^2} l$$

Với d và n đã biết, ta tra bảng $\frac{1}{k^2}$ sẽ xác định được cột áp H .

***Bài toán 2:** xác định lưu lượng Q (H, d, n đã biết)

Từ (4-123): $Q = k \sqrt{\frac{H}{l}}$

Với d và n đã biết, ta tra bảng k sẽ xác định được lưu lượng Q .

***Bài toán 3:** xác định đường kính d (H, Q, n đã biết)

7.2 Tính thủy lực đường ống đơn giản

7.2.2 Phương pháp hệ số đặc trưng

b) Giải bốn bài toán cơ bản:

Từ (4-123), rút k ra ta được: $k = \frac{Q}{\sqrt{\frac{H}{l}}}$

Với H, Q đã biết, ta tính được giá trị của k.

Từ k và n đã biết, ta tra ngược bảng k sẽ xác định được giá trị lưu lượng Q.

***Bài toán 4:** xác định d và H (Q, n đã biết)

Tương tự phương pháp Bernoulli, được tính theo hai bước:

- Xác định d: ta chọn trước d theo vận tốc kinh tế v_{kt} hay vận tốc hạn chế v_{hc} :

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{kt}}} \quad \text{Xác định H: tương tự bài toán 1.}$$

Sử dụng biểu thức (4.125), ta có: $H = \frac{Q^2}{k^2} l$

Với d và n đã biết, ta tra bảng $\frac{1}{k^2}$ sẽ xác định được cột áp H.

7.3 Tính thuỷ lực đường ống phức tạp

7.3.1 Hệ thống ống nối tiếp

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.1 Hệ thống ống nối tiếp

Hệ thống nối tiếp gồm nhiều đoạn ống đơn giản đường kính khác nhau mắc nối tiếp nhau.

Đặc điểm thủy lực:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_m \quad (4-127)$$

$$\begin{aligned} H &= H_{\text{đầu}} - H_{\text{cuối}} = h_w \\ &= H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n = \sum H_i \\ &= h_{w1} + h_{w2} + h_{w3} + \dots + h_{wn} \\ &= \sum h_{wi} = \sum h_{di} + \sum h_{ni} \quad (4-128) \end{aligned}$$

$\sum h_{ni}$: tổn thất cục bộ tại các chỗ nối.

Trường hợp ống dài có thể bỏ qua tổn thất cục bộ $H = \sum h_d \quad (4-129)$

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.2 Hệ thống ống song song

Hệ thống nối song song là hệ thống gồm nhiều đường ống đơn giản có chung một nút ra và một nút vào.

Đặc điểm thủy lực:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_m \\ &= \sum_{i=1}^m Q_i \end{aligned} \quad (4-132)$$

$$\begin{aligned} H &= H_{\text{đầu}} - H_{\text{cuối}} = H = H_1 = H_2 \\ &= \dots = H_i = h_w \end{aligned} \quad (4-133)$$

Trong đó:

$$H_i = h_{\text{di}} + \sum h_{\text{ci}} + h_{\text{nvi}} + h_{\text{nri}} \quad (4-134)$$

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.2 Hệ thống ống song song

h_{nvi} , h_{nri} : tổn thất năng lượng tại nút vào và nút ra của ống thứ i

Σh_{ci} : tổn thất cục bộ trên đoạn ống thứ i

h_{di} : tổn thất dọc đường tại ống i

Đối với đường ống dài thì:

$$H_i = h_{di}$$

Do đó:

$$H = h_{d1} = h_{d2} = \dots = h_{dn} \quad (4-135)$$

7.3 Tính thuỷ lực đường ống phức tạp

7.3.3 Hệ thống ống phân phối liên tục

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.3 Hệ thống ống phân phối liên tục

Giả sử trên đoạn l chất lỏng chất lỏng được xả ra liên tục với lưu lượng q (lưu lượng trên một đơn vị chiều dài)

Kí hiệu:

Q_v : lưu lượng khi vào đoạn l

Q_r : lưu lượng khi ra đoạn l

Q_{ff} : lưu lượng phân phối trên đoạn chiều dài l, $Q_{ff} = q.l$

* Lưu lượng tại M cách đầu đoạn l một khoảng x là:

$$Q_M = Q_v - \frac{Q_{ff}}{l} x = Q_r + Q_{ff} - \frac{Q_{ff}}{l} x$$

Nếu coi rằng trên đoạn dx vô cùng nhỏ, lưu lượng không biến đổi, ta có công thức:

$$H = h = \frac{8Q^2\lambda l}{\pi^2 G d_1^5}$$

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.3 Hệ thống ống phân phối liên tục

Ta có thể tính tổn thất năng lượng d_h trên đoạn d_x

$$d_h = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{dx}{d_i^5} (Q_f + Q_{ff} - \frac{Q_{ff}}{l} x)^2$$

Do đó tổn thất năng lượng trên đoạn chiều dài l là

$$h_d = \int_0^l \frac{8\lambda}{\pi^2} (Q_r + Q_{ff} - \frac{Q_{ff}}{l} x)^2 dx$$

Nếu coi $\lambda = \text{const}$ ta có:

$$h_d = \frac{8\lambda}{\pi^2} \frac{1}{d^5} \int_0^l (Q_r^2 + Q_r Q_{ff} - \frac{Q_{ff}^2}{3} x) dx$$

Hay:

$$h_d = \frac{8\lambda}{\pi^2} \frac{1}{d^5} (Q_r^2 l + Q_r Q_{ff} l - \frac{Q_{ff}^2 l^2}{6})$$

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.3 Hệ thống ống phân phối liên tục

Độ chênh cột áp giữa đầu vào và cuối đoạn ống phân phối liên tục sẽ là:

$$H = h_2 = \frac{8}{\pi^2 g} \lambda \frac{1}{d^5} (Q_r^2 + Q_r Q_{ff} - \frac{Q_{ff}^2}{3} x) \quad (4.137)$$

Thực tế có thể coi đường ống trên đó có đục nhiều lỗ liên tiếp nhau lấy chất lỏng ra để tưới hoặc một đường ống cung cấp nước cho một dãy nhà dọc một đường phố là những đường ống phân phối liên tục.

7.3 Tính thuỷ lực đường ống phức tạp

7.3.4 Hệ thống ống phân nhánh hở

7.3 Tính thuỷ lực đường ống phức tạp

7.3.4 Hệ thống ống phân nhánh hở

Ví dụ: hệ thống cấp dầu bôi trơn, hệ thống cung cấp chất lỏng cho các xy lanh lực, các hệ thống dẫn nước.

Trên sơ đồ đầu từ bình chứa được máy bơm hút lên đây qua lọc dầu và theo đường ống phân nhánh chảy tới bôi trơn các ổ trục.

a. Các bài toán về đường ống phân nhánh: có 2 loại bài toán thiết kế và kiểm tra:

- Nội dung bài toán kiểm tra: kiểm tra lại xem sau khi bị tổn thất năng lượng (cột áp) trong quá trình vận chuyển cột áp còn lại tại nơi tiêu thụ (cuối đường ống) có đủ yêu cầu không.

- Nội dung bài toán thiết kế: tính được cột áp của nguồn chất lỏng (do bơm hoặc một tháp cao cung cấp) cần thiết đủ để thắng mọi sức cản trên đường ống, thỏa mãn cột áp yêu cầu ở các nơi tiêu thụ (cuối đường ống).

7.3 Tính thuỷ lực đường ống phức tạp

7.3.4 Hệ thống ống phân nhánh hở

b. Đường ống cơ bản:

Nhánh có yêu cầu về năng lượng cao nhất gọi là *ống cơ bản* (đường ống chính), còn mọi nhánh khác gọi là *nhánh phụ*.

Vậy phải xác định được đường ống cơ bản và tính cột áp của nguồn theo yêu cầu của đường ống cơ bản. Cột áp của nguồn tính được từ đường ống cơ bản sẽ hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu của các nhánh phụ.

Nếu nhánh phụ có nhiều nhánh nhỏ nữa thì ta lại phân chúng ra thành ống cơ bản, ống phụ của nhánh phụ để tính toán.

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.4 Hệ thống ống phân nhánh hở

c. Các bước giải bài toán đường ống phân nhánh.

Thường trong một bài toán thiết kế, ta cho những số liệu sau:

- Lưu lượng yêu cầu tại các nơi tiêu thụ Q_{yc} .
- Độ cao đo áp hoặc áp suất yêu cầu tại các nơi tiêu thụ $h_{yc} = \frac{P_{yc}}{\gamma}$.
- Độ cao hình học của các điểm trong hệ thống đường ống: z (tính từ một mặt chuẩn chung)
- Chiều dài các đoạn đường ống l .
- Hệ số nhám n hoặc độ nhám Δ của ống.

Yêu cầu: Xác định đường kính của các đoạn ống d và cột áp của nguồn H_0

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.5 Tính đường ống cơ bản

Gồm 2 bước:

- Xác định đường kính của đường ống cơ bản d_{oi} .
- Xác định cột áp của nguồn: H_0

Các đường kính của đường ống cơ bản được xác định theo vận tốc hạn chế, hoặc vận tốc kinh tế:

$$d_{oi} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi \cdot V_{hc}}}$$

Đối với hệ thống đường ống ngắn, nên thiết kế đường ống cơ bản có các đoạn ống cùng một đường kính để dễ lắp đặt. Khi đó trong công thức trên Q_i là lưu lượng lớn nhất của đường ống cơ bản.

Cách xác định cột áp H_0 của nguồn theo đường ống cơ bản giống như đối với hệ thống ống nối tiếp.

7.3 Tính thủy lực đường ống phức tạp

7.3.6 Tính đường ống với nhánh

Nhiệm vụ: xác định đường kính d_i .

Bài toán tương tự bài toán 3 (đường ống đơn giản)

Để áp dụng cách giải bài toán 3, ta phải xác định được cột áp tại đầu nhánh.

Ví dụ: Tính đường kính nhánh A-F. Xuất phát từ nút A trên đường ống cơ bản. Ta đã biết các thông số hình học khác của đường ống nhánh, lưu lượng và cột áp tại F. Từ đó ta suy ra hiệu áp tại hai đầu nhánh, từ đó tính d theo bài toán 3.

7.4 Va đập thủy lực

7.4.1 Hiện tượng

(Được nhà bác học Nga Giucôpxki phát hiện vào năm 1898)

Va đập thủy lực là hiện tượng biến đổi áp suất đột ngột khi vận tốc của dòng chảy tăng hay giảm đột ngột.

Khi chất lỏng đang chuyển động với vận tốc lớn trong ống, nếu đóng khóa lại một cách đột ngột thì áp suất trong dòng chảy (trước tiên tại khóa) sẽ tăng vọt lên, đó là hiện tượng va đập thủy lực dương. Áp suất có thể tăng gấp rất nhiều lần áp suất trong ống do đó có thể gây vỡ ống.

7.4 Va đập thủy lực

7.4.1 Hiện tượng

Ngược lại nếu chất lỏng trong ống đang ở trạng thái tĩnh dưới áp suất lớn mà ta mở khóa đột ngột làm chất lỏng đột nhiên chuyển động với vận tốc lớn, áp suất trong dòng chảy (trước tiên tại khóa) sẽ tụt hẳn xuống gây hiện tượng va đập thủy lực âm. Hiện tượng này có thể tạo ra áp suất chân không trong đường ống.

Nguyên nhân tăng hoặc giảm áp suất trong va đập thủy lực là do lực quán tính xuất hiện khi vận tốc thay đổi đột ngột. Theo D'Alambe, lực quán tính luôn ngược chiều với gia tốc, vậy nếu vận tốc giảm thì lực quán tính tác dụng theo phương dòng chảy nếu vận tốc tăng thì sẽ ngược lại.

7.4 Va đập thủy lực

7.4.2 Vận tốc truyền sóng, độ tăng áp suất

7.4 Va đập thủy lực

7.4.2 Vận tốc truyền sóng, độ tăng áp suất

Ta khảo sát chất lỏng chuyển động từ bình chứa ra với vận tốc v trong ống dẫn có chiều dài l và đường kính $d = 2r$. Cuối ống có khóa k .

Giả sử tại thời điểm nào đấy do đóng khóa k , diện tích S của ống giảm đi một đại lượng. Khi đó vận tốc sẽ giảm đi một lượng (trước tiên tại khóa, sau sẽ truyền tuần tự lớp này đến lớp khác theo hướng từ khóa đến bể chứa). Vận tốc giảm làm áp suất tăng do đó làm chất lỏng bị nén và thành ống bị nở ra.

Giả sử tại thời điểm t sự tăng áp suất đã truyền đến tiết diện AB , đến t' nó di động một đoạn đến CD

7.4 Va đập thủy lực

7.4.2 Vận tốc truyền sóng, độ tăng áp suất

Nếu a là vận tốc truyền sóng va thì: $\Delta x = a \cdot \Delta t$

Thời gian sóng va truyền từ khóa đến bể chứa và ngược lại gọi là pha va đập thủy lực.

$$t_f = \frac{2l}{a}$$

Ta ký hiệu t_d là thời gian đóng khóa

Nếu $t_d < t_f$ – va đập thủy lực trực tiếp.

Nếu $t_d > t_f$ – va đập thủy lực gián tiếp

7.4 Va đập thủy lực

7.4.3 Chống va đập thủy lực

Một số biện pháp:

- Đóng, mở khóa, van từ từ.
- Dùng ống lớn để giảm tốc độ dòng chảy.
- Dùng vật liệu làm ống có mô đun đàn hồi bé.
- Dùng thiết bị tự động tháo chất lỏng ở đường ống ra khi áp suất vượt trị số định trước.



The End

7.2 Tính th

7.2.1 Phương ph







