

PHẦN I

THUYẾT LỰC HỌC

CHƯƠNG I

MỞ ĐẦU

1.1. ĐỐI TƯỢNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU MÔN HỌC - ỨNG DỤNG

1.1.1. Đối tượng

Đối tượng nghiên cứu của môn thủy lực học là chất lỏng . Chất lỏng ở đây hiểu theo nghĩa rộng, bao gồm chất lỏng ở thể nước - chất lỏng không nén được (khối lượng riêng $\rho = const$) và chất lỏng ở thể khí - chất lỏng nén được (khối lượng riêng $\rho \neq const$) .

Trong phạm vi giáo trình này chủ yếu nghiên cứu chất lỏng ở thể nước, nhưng mở rộng các kết quả nghiên cứu chất lỏng ở thể nước cho chất lỏng ở thể khí không có gì khó khăn.

Thủy lực học là một môn khoa học cơ sở nghiên cứu các qui luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng đồng thời vận dụng những qui luật ấy để giải quyết các vấn đề kỹ thuật trong thực tiễn sản xuất và đời sống. Chính vì thế mà nó có vị trí là nhịp cầu nối giữa những môn khoa học cơ bản với những môn kỹ thuật chuyên ngành.

1.1.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong thủy lực học thường dùng 3 phương pháp nghiên cứu phổ biến sau đây :

- Phương pháp lý thuyết : Sử dụng công cụ toán học, chủ yếu là toán giải tích, phương trình vi phân với các toán tử vi phân quen thuộc như : gradient, divergent, rotor, toán tử Laplas, Đạo hàm toàn phần... Sử dụng các định lý tổng quát của cơ học như định lý bảo toàn khối lượng, năng lượng, định lý biến thiên động lượng, mô men động lượng ...
- Phương pháp thực nghiệm : dùng trong một số trường hợp mà không thể giải bằng lý thuyết (như xác định hệ số cản cục bộ, hệ số λ ...)
- Phương pháp bán thực nghiệm : Kết hợp giữa lý thuyết và thực nghiệm.

1.1.3. ứng dụng

Phạm vi ứng dụng của thủy lực học khá rộng rãi : có thể nói không một ngành nào trong các lĩnh vực khoa học, kỹ thuật công nghệ và đời sống có liên quan đến chất lỏng và chất khí như giao thông vận tải, hàng không, cơ khí, công nghệ hoá chất, xây dựng, nông nghiệp, thủy lợi... mà lại không ứng dụng ít nhiều những định luật cơ bản của thủy lực học.

1.2. SƠ LƯỢC LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN MÔN HỌC

Ngay từ thời xa xưa, tổ tiên loài người đã biết lợi dụng sức nước phục vụ cho sinh hoạt đời sống, làm nông nghiệp, thủy lợi, kênh đập, thuyền bè...

Nhà bác học Acsimet (287-212, trước công nguyên) đã phát minh ra lực đẩy Ácsimet tác dụng lên vật nhúng chìm trong lòng chất lỏng.

Nhà danh họa ý - Lêôna Đovanhxi (1452-1519) đưa ra khái niệm về lực cản của chất lỏng lên vật chuyển động trong nó. Ông muốn biết tại sao chim lại bay được. Nhưng phải hơn 400 năm sau, Jucopxki và Kutta mới giải thích được : đó là lực nâng.

1687 - Nhà bác học thiên tài người Anh I.Newton đã đưa ra giả thuyết về lực ma sát trong giữa các lớp chất lỏng chuyển động mà mãi hơn một thế kỷ sau nhà bác học Nga - Petrop mới chứng minh giả thuyết đó bằng biểu thức toán học, làm cơ sở cho việc nghiên cứu chất lỏng lực (chất lỏng nhớt) sau này.

Hai ông L.Ô le (1707-1783) và D.Becnuli (1700-1782) là những người đã đặt cơ sở lý thuyết cho thủy khí động lực, tách nó khỏi cơ học lý thuyết để thành lập một ngành riêng.

Tên tuổi của Navie và Stôc gắn liền với nghiên cứu chất lỏng thực. Hai ông đã tìm ra phương trình vi phân chuyển động của chất lỏng (1821-1845).

Nhà bác học Đức - L.Prandtl đã sáng lập ra lý thuyết lớp biên (1904), góp phần giải quyết nhiều bài toán động lực học.

Ngày nay, ngành thủy khí động lực học đang phát triển với tốc độ vũ bão, thu hút sự tập trung nghiên cứu của nhiều nhà khoa học nổi tiếng trên thế giới và trong nước; nó can thiệp hầu hết tới tất cả các lĩnh vực đời sống, kinh tế, quốc phòng.. nhằm đáp ứng mọi nhu cầu cấp bách của nền khoa học công nghệ hiện đại bước sang thế kỷ 21.

1.3. MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA CHẤT LỎNG

1.3.1. Một số tính chất để nhận biết

- Tính liên tục : vật chất được phân bố liên tục trong không gian .
- Tính dễ di động : do lực liên kết giữa các phân tử chất lỏng rất yếu, ứng suất tiếp (nội ma sát) trong chất lỏng chỉ khác 0 khi có chuyển động tương đối giữa các lớp chất lỏng.
- Tính chống kéo và cắt rất kém do lực liên kết và lực ma sát giữa các phân tử chất lỏng rất yếu.
- Tính dính ướt theo thành bình chứa chất lỏng.

1.3.2. Khối lượng riêng và trọng lượng riêng

-*Khối lượng riêng* : là khối lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng, ký hiệu là ρ :

$$\rho = \frac{M}{W} \quad (\text{kg/m}^3)$$

trong đó : M - Khối lượng chất lỏng (kg)

W - Thể tích chất lỏng có khối lượng M (m^3)

-*Trọng lượng riêng* : là trọng lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng, ký hiệu là : γ

$$\gamma = \frac{G}{W} \quad (\text{N/m}^3; \text{KG/m}^3)$$

Quan hệ giữa ρ và γ : $\gamma = \rho g$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Bảng 1 - 1

Trọng lượng riêng của một số chất lỏng

Tên chất lỏng	Trọng lượng riêng, N/m^3	Nhiệt độ
Nước cất	9810	4
Nước biển	10000 - 10100	4
Dầu hoả	7750 - 8040	15
Xăng máy bay	6380	15
Xăng thường	6870 - 7360	15
Dầu nhờn	8730 - 9030	15
diezel	8730 - 9220	15
Thuỷ ngân	132890	20
Cồn nguyên chất	7750 - 7850	15

Lưu ý : Khối lượng của chất lỏng là một đại lượng không thay đổi còn trọng lượng của chúng thì phụ thuộc vào vị trí của nó.

1.3.3. Tính nén ép và tính giãn nở vì nhiệt

-*Tính nén ép* : biểu thị bằng hệ số nén ép (β_p). Hệ số nén ép là số giảm thể tích tương đối của chất lỏng khi áp suất tăng lên một đơn vị :

$$\beta_p = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp} \quad (\text{m}^2/\text{N})$$

trong đó : W - thể tích ban đầu của chất lỏng (m^3)

dW - Số giảm thể tích khi áp suất tăng lên (m^3)

dp - Lượng áp suất tăng lên (N / m^2)

Ví dụ hệ số β_p của nước ở nhiệt độ 0°C đến 20°C có trị số trung bình là $\frac{1}{210000000} \text{m}^2 / \text{N}$; ở nhiệt độ 100°C , áp suất 500 at là $\frac{1}{250000000} \text{m}^2/\text{N}$.

- *Tính giãn nở vì nhiệt*: Biểu thị bằng số giãn nở vì nhiệt (β_t), là số thể tích tương đối của chất lỏng tăng lên khi nhiệt độ tăng lên 1 độ:

$$\beta_t = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} \quad (1/\text{độ})$$

Ví dụ: Trong những điều kiện thông thường: Dầu hoả có $\beta_t = 0,000600 - 0,00800$;

Thủy ngân có $\beta_t = 0,00018$

Lưu ý : Hệ số giãn nở vì nhiệt lớn hơn nhiều so với hệ số nén ép, song chúng đều là những trị số rất nhỏ mà trong một số tính toán thông thường có thể bỏ qua.

1.3.4. Tính nhớt

Trong quá trình chuyển động các lớp chất lỏng trượt lên nhau phát sinh ra lực ma sát trong gây ra tổn thất năng lượng và chất lỏng như thế gọi là chất lỏng có tính nhớt.

Năm 1687 I. Newton dựa trên thí nghiệm : có hai tấm phẳng I - chuyển động với vận tốc V có diện tích S và II - đứng yên (hình 1-1.). Giữa hai tấm có một lớp chất lỏng h . Ông đã đưa ra giả thiết về lực ma sát trong giữa những lớp chất lỏng lân cận chuyển động là tỷ lệ thuận với tốc độ và diện tích bề mặt tiếp xúc, phụ thuộc vào loại chất lỏng và không phụ thuộc vào áp suất.

Sau đó Pêtróp (1836-1920) đã biểu thị giả thuyết đó trong trường hợp chuyển động thẳng bằng biểu thức toán học :

$$T = \mu S \frac{dv}{dy} \quad (\text{N}) \quad (1-1)$$

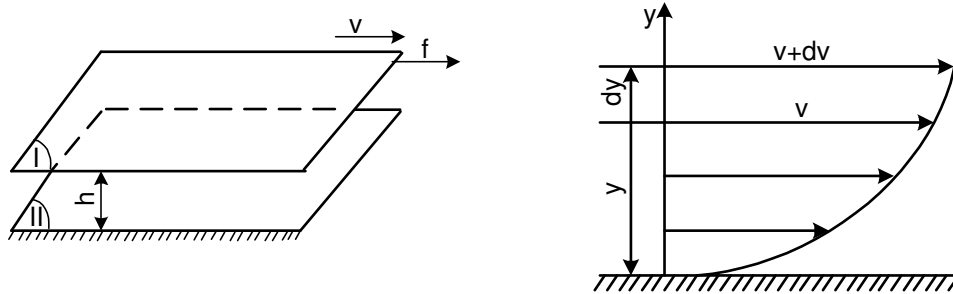
trong đó :

T - lực ma sát trong

μ - hệ số nhớt động lực, đặc trưng tính nhớt của chất lỏng ;

S - diện tích tiếp xúc giữa hai lớp chất lỏng ;

$\frac{dv}{dy}$ - gradien vận tốc theo phương y vuông góc với dòng chảy ;



Hình 1-1

Lực ma sát trong sinh ra ứng suất tiếp τ :

$$\tau = \frac{T}{S} = \mu \frac{dv}{dy} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-2)$$

Từ (1 - 2) rút ra công thức xác định hệ số nhớt động lực μ :

$$\mu = \frac{T}{S \frac{dv}{dy}} \quad (\text{NS/m}^2) \quad (1-3)$$

Ngoài μ , còn dùng hệ số nhớt động (ν) trong các biểu thức có liên quan đến chuyển động:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{m}^2/\text{S} \quad \text{hoặc} \quad (\text{stoc} : 1\text{st} = 10^{-4} \text{m}^2/\text{s})$$

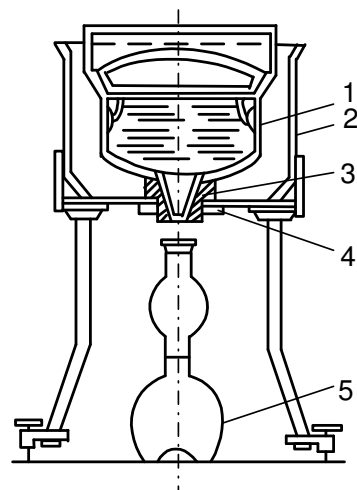
các hệ số μ và ν thay đổi theo nhiệt độ và áp suất. Nhìn chung μ và ν của chất lỏng giảm khi nhiệt độ tăng và tăng khi áp suất tăng ;

Ví dụ hệ số nhớt động lực của nước ở nhiệt độ 0°C , $\mu = 0,0179$ còn ở 100°C , $\mu = 0,0028$; Dầu nhớt ở nhiệt độ 0°C , $\mu = 6,40$; ở 60°C , $\mu = 0,22$ và hệ số nhớt động của dầu nhớt sẽ tăng gấp đôi khi áp suất tăng từ 1 đến 300 at.

Để đo độ nhớt của chất lỏng, người ta dùng các loại dụng cụ khác nhau. Dưới đây giới thiệu một loại dụng cụ đo độ nhớt Engole thường dùng ở Việt Nam (Hình 1 - 2) để đo độ nhớt lớn hơn độ nhớt của nước.

Máy gồm có bình hình trụ kim loại 1, cổ đáy hình cầu hàn vào nó một ống hình trụ bằng đồng thau 3. ống hình trụ đặt trong bình chứa

nước 2. Trong lỗ của ống hình trụ 3, đặt một ống bạch kim hình nón 4 để xả chất lỏng ra khỏi bình lỗ 1. Lỗ của ống 4 được đóng bằng một thanh đặc biệt có đường kính 3 mm. Muốn xác định độ nhớt của một chất lỏng ở nhiệt độ nào đó, ta rót 200 cm³ chất lỏng cần đo vào bình 1 và giữ đúng nhiệt độ cần thiết. Đo thời gian chảy t₂ của 200 cm³ chất lỏng đo qua lỗ đáy. Sau đó đo thời gian chảy t₁ của 200 cm³ nước cất ở nhiệt độ 20⁰c (khoảng 50 giây).



Hình 1 - 2

Tỷ số t_1 / t_2 gọi là độ nhớt Engle (Ký hiệu $^0 E$)

$$^0 E = \frac{t_1}{t_2} \quad (1 - 5)$$

Ngoài các đơn vị Stôc và độ nhớt Engle, thường gặp các đơn vị đo độ nhớt khác nhau, quan hệ giữa chúng với đơn vị Stôc được trình bày trên bảng 1 - 2

Bảng 1 - 2

Tên đơn vị	Ký hiệu	Trị số tính bằng Stôc
Độ Engle	$^0 E$	$0,0731^0 E - \frac{0,0631}{^0 E}$
Giây Rebon	" S	$0,00220 " S - \frac{1,80}{" S}$
Giây Redút	" R	$0,00260 " R - \frac{1,72}{" R}$
Độ Bache	$^0 B$	$\frac{48,5}{^0 B}$

1.3.5. Chất lỏng thực, chất lỏng lý tưởng

Trong thực tế, chất lỏng có đầy đủ tính chất cơ lý như đã trình bày ở trên gọi là chất lỏng thực.

Nhưng để thuận tiện cho công việc nghiên cứu, người ta đưa ra khái niệm chất lỏng lý tưởng (hay còn gọi là chất lỏng không nhớt).

Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng có tính di động tuyệt đối ; hoàn toàn không chống được lực cắt và lực kéo ; hoàn toàn không nén ép không giãn nở và không có tính nhớt.

Chất lỏng ở trạng thái tĩnh trong những điều kiện thay đổi áp suất và nhiệt độ bình thường, thì thể tích và khối lượng xem như không đổi vì không có chuyển động nên không có lực ma sát trong (không có tính nhớt). Như vậy chất lỏng thực ở trạng thái tĩnh rất gần với chất lỏng lý tưởng do đó có thể nghiên cứu các qui luật của chất lỏng thực ở trạng thái tĩnh trên chất lỏng lý tưởng thì kết quả thu được hoàn toàn phù hợp với thực tế.

Trong trường hợp chất lỏng thực ở trạng thái chuyển động vì có tính nhớt nên có lực ma sát trong, có tiêu hao năng lượng do đó nếu dùng khái niệm chất lỏng lý tưởng để nghiên cứu thì kết quả sẽ không đúng với thực tế. Người ta phải dùng thực nghiệm, tiến hành các thí nghiệm chất lỏng thực. So sánh kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm để rút ra các hệ số hiệu chỉnh đưa vào các công thức lý thuyết cho phù hợp với thực tế.

Chương II

TĨNH HỌC CHẤT LỎNG

Tĩnh học chất lỏng nghiên cứu những qui luật cân bằng của chất lỏng ở trạng thái tĩnh và ứng dụng những qui luật ấy để giải quyết các vấn đề trong thực tiễn kỹ thuật, sản xuất và đời sống.

Người ta phân ra 2 trạng thái tĩnh:

Tĩnh tuyệt đối: Chất lỏng không chuyển động so với hệ tọa độ cố định (gắn liền với trái đất)

Tĩnh tương đối: Chất lỏng chuyển động so với hệ tọa độ cố định, nhưng giữa chúng không có chuyển động tương đối.

2.1. ÁP SUẤT THỦY TĨNH

2.1.1. Lực tác dụng lên chất lỏng

Ở trạng thái tĩnh, chất lỏng chịu tác dụng của hai loại ngoại lực :

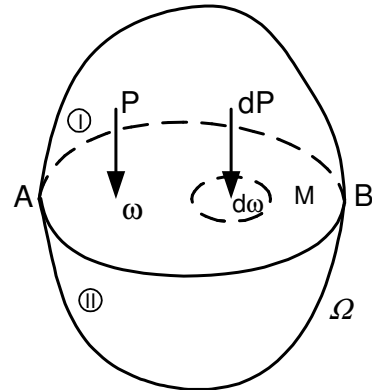
Lực khối lượng (hay lực thể tích) tác dụng lên chất lỏng tỉ lệ với khối lượng (như trọng lực, lực quán tính...)

Lực bề mặt là lực tác dụng lên bề mặt của khối chất lỏng (như áp lực khí quyển tác dụng lên bề mặt tự do của chất lỏng ...)

2.1.2. Áp suất thủy tĩnh

a) Định nghĩa

Áp suất thủy tĩnh là những ứng suất gây ra bởi các lực khối và lực bề mặt. Ta hãy xét một thể tích chất lỏng giới hạn bởi diện tích Ω (Hình 2 -1). Tưởng tượng cắt khối chất lỏng bằng mặt phẳng AB , chất lỏng phần I tác dụng lên phần II qua diện tích mặt cắt ω . Bỏ I mà vẫn giữ II ở trạng thái cân bằng thì phải thay tác dụng I lên II bằng lực P gọi là áp suất thủy tĩnh tác dụng lên mặt ω áp suất trung bình: $P_{tb} = \frac{P}{\omega}$



Hình 2-1

$$\text{Áp suất tại điểm M: } P_M = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta\omega}$$

Đơn vị áp suất:

$$N/m^2 = P_a \text{ (pascal)}$$

$$1at = 9,8.10^4 N/m^2 = 10^4 KG/m^2 = 10mH_2O = 1KG/cm^2.$$

b) Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh

Tính chất 1: Áp suất thủy tĩnh luôn luôn tác dụng thẳng góc và hướng vào mặt tiếp xúc (Hình 2-2) có thể tự chứng minh bằng phản chứng.

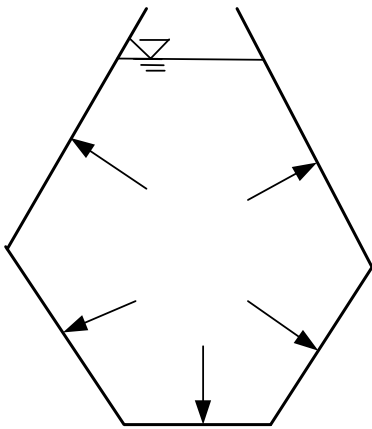
Tính chất 2: Áp suất thủy tĩnh tại mỗi điểm theo mọi phương bằng nhau.

Biểu thức: $p_x = p_y = p_z = p_n$ (2-1)

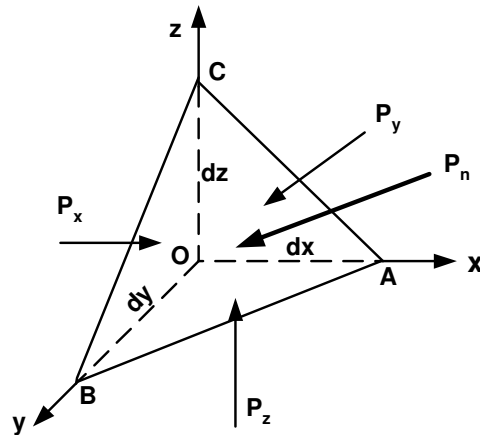
Có thể chứng minh bằng cách xét khối chất lỏng tứ diện có các cạnh d_x, d_y, d_z , vô cùng bé. Chứng minh biểu thức (2-1) khi $d_x, d_y, d_z \rightarrow 0$ (tham khảo thêm [10]).

Ta cũng nhận thấy áp suất thủy tĩnh tại một điểm chỉ phụ thuộc vào vị trí của nó:

$$p = f(x, y, z) \quad (2-2)$$



Hình 2-2



Hình 2-3

2.2. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CỦA CHẤT LỎNG CÂN BẰNG (PHƯƠNG TRÌNH ÔLÊ TĨNH)

Phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa ngoại lực tác dụng vào một phần tử chất lỏng với nội lực sinh ra trong đó.

Xét một phần tử chất lỏng hình hộp cân bằng có các cạnh dx, dy, dz đặt trong hệ trục tọa độ $oxyz$ (Hình 2-4)

Ngoại lực tác dụng lên phần tử chất lỏng xét bao gồm:

Lực khối: $F \sim m = \rho dx dy dz$

X, Y, Z - hình chiếu lực khối đơn vị lên các trục x, y, z .

Lực mặt tác dụng lên phần tử chất lỏng là các áp lực thuỷ tĩnh tác dụng trên các mặt hình hộp chất lỏng.

Điều kiện cân bằng của phần tử chất lỏng hình hộp là tổng hình chiếu của tất cả các ngoại lực trên bất kỳ trục toạ độ nào cũng bằng không.

Hình chiếu các ngoại lực lên trục x:

$$\Sigma_x = P_x - P'_x + F_x = 0 \quad (2-3)$$

trong đó:

$$F_x = X\rho dx dy dz$$

$$P_x = \left(p + \frac{dx}{2} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \right) dy dz$$

$$P'_x = \left(p - \frac{dx}{2} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \right) dy dz$$

Thay vào (2-3) ta có :

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz + X\rho dx dy dz = 0$$

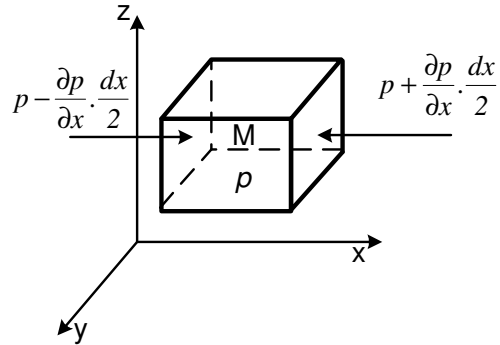
hay:

$$X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (2-4 a)$$

Tương tự đối với trục y và z:

$$Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad (2-4 b)$$

$$Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \quad (2-4 c)$$



Hình 2-4

Các phương trình (2-4 a, b, c) là những phương trình Ôle tĩnh viết dưới dạng hình chiếu (do Ôle lập ra năm 1755).

Ta có thể viết phương trình Ôle tĩnh dưới dạng Véc tơ:

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = 0 \quad (2-5)$$

trong đó: $\vec{F} = iX + jY + kZ$

$$\text{grad } p = i \frac{\partial p}{\partial x} + j \frac{\partial p}{\partial y} + k \frac{\partial p}{\partial z}$$

Mặt khác nếu nhân lần lượt (2-4a), (2-4b), (2-4c) với dx, dy, dz rồi cộng những phương trình này, lại biến đổi ta có:

$$dp = \rho (Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2-6)$$

Vì dp là một vi phân toàn phần của áp suất p , $\rho = const$, do đó vế phải của (2-6) cũng phải là vi phân toàn phần. Như vậy ắt phải tồn tại một hàm số

$$\frac{\partial U}{\partial x} = X \quad ; \quad \frac{\partial U}{\partial y} = Y \quad ; \quad \frac{\partial U}{\partial z} = Z$$

Hàm số như vậy gọi là hàm số lực và lực được biểu thị bằng hàm số trên gọi là lực có thế. Do đó chất lỏng có thể ở trạng thái cân bằng chỉ khi lực khối tác dụng lên nó là lực có thế.

2-3. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN CỦA THUYẾT TĨNH HỌC

2.3.1. Tích phân phương trình Ôle tĩnh

Để giải quyết một số vấn đề thực tế ta viết phương trình Ôle tĩnh dưới dạng :

$$dp = \rho \left(\frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz \right) \quad (2-7)$$

$$\text{hay : } dp = \rho dU.$$

Tích phân (2-7) ta được :

$$p = \rho U + C \quad (2-8)$$

Để xác định hằng số tích phân C cần phải có điều kiện biên, giả sử biết áp suất p_o của 1 điểm nào đó trong chất lỏng và có trị số hàm số lực U_o tương ứng, thay vào (2-8) ta có :

$$C = p_o - \rho U_o \quad (2-9)$$

Thay (2-9) vào (2-8):

$$p = p_o + \rho (U - U_o) \quad (2-10)$$

Như vậy, dùng phương trình (2-10) có thể xác định được áp suất thủy tĩnh tại bất kỳ điểm nào trong chất lỏng, nếu biết được trị số của hàm U và điều kiện biên $u_o; p_o$.

2.3.2. Mặt đẳng áp

Mặt đẳng áp là một mặt trên đó tại mọi điểm, áp suất đều bằng nhau, từ (2-6) ta có phương trình mặt đẳng áp:

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0$$

$$\text{trong đó: } X = \frac{\partial U}{\partial x} \quad ; \quad Y = \frac{\partial U}{\partial y} \quad ; \quad Z = \frac{\partial U}{\partial z} .$$

Mặt tự do là mặt đẳng áp, áp suất tác dụng trên nó có trị số bằng áp suất khí quyển.

2.3.2. Phương trình cơ bản của thủy tĩnh học

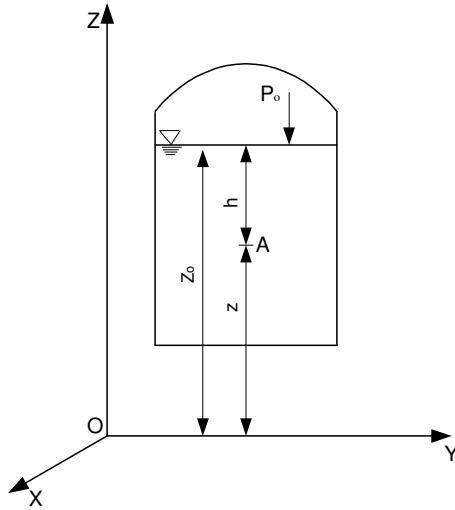
Xét trường hợp chất lỏng cân bằng dưới tác dụng của lực khối là trọng lực.

Giả sử khối chất lỏng đựng trong bình kín, đặt trong hệ trục tọa độ $oxyz$ (hình 2-5). Áp suất tác dụng bề mặt chất lỏng là p_o . Hình chiếu lực khối lên các trục x, y, z :

$$X = \frac{\partial U}{\partial x} = 0$$

$$Y = \frac{\partial U}{\partial y} = 0$$

$$Z = \frac{\partial U}{\partial z} = -g$$



Hình 2-5

Nghĩa là áp suất tại bất kỳ một điểm nào của chất lỏng ở trạng thái tĩnh bằng áp suất ở mặt tự do cộng với trọng lượng cột chất lỏng (đáy là một đơn vị diện tích, chiều cao là độ sâu của điểm đó).

2.3.4. Ý nghĩa của phương trình cơ bản của thủy tĩnh học

a. Ý nghĩa hình học hay thủy lực

Z - độ cao hình học;

$\frac{p}{\gamma}$ - độ cao đo áp;

$Z + \frac{p}{\gamma} = H$ - cột áp thủy tĩnh.

Từ phương trình cơ bản của thủy tĩnh học ta dễ dàng nhận thấy rằng cột áp thủy tĩnh tại mọi điểm trong một môi trường chất lỏng cân bằng là một hằng số.

b. Ý nghĩa năng lượng

Z - vị năng đơn vị;

$\frac{p}{\gamma}$ - áp năng đơn vị;

$Z + \frac{p}{\gamma} = H = const$ - thế năng đơn vị;

Phương trình (2-6) trong trường hợp khảo sát ở đây có dạng:

$$dp = -pgdz = -\gamma dz \quad p = -\gamma Z + C \quad (2-11)$$

Để xác định C với điều kiện biên là trên bề mặt chất lỏng (Z_0, p_0) ta có :

$$C = p_0 + \gamma Z_0$$

Thay C vào (2-11):

$$p = p_0 + \gamma(Z_0 - Z) \quad (2-12)$$

Như vậy với một điểm A bất kỳ trong chất lỏng có tọa độ Z và ở độ sâu $h = Z_0 - Z$; ta có thể viết được phương trình cơ bản của thủy tĩnh học:

$$p = p_0 + \gamma h \quad (2-13)$$

Vậy thế năng đơn vị của mọi điểm trong một môi trường chất lỏng cân bằng đều bằng nhau và bằng cột áp thủy tĩnh.

2.3.5. Phân biệt các loại áp suất

Áp suất thủy tĩnh được tính theo (2-13) là áp suất tuyệt đối (p_t)

Lấy áp suất khí quyển (p_a) để so sánh:

Nếu áp suất tuyệt đối lớn hơn áp suất khí quyển ta có áp suất dư (p_d)

$$p_d = p_t - p_a$$

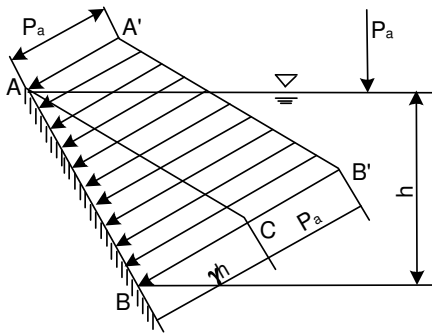
Nếu áp suất tuyệt đối nhỏ hơn áp suất khí quyển ta có áp suất chân không (p_{ck})

$$p_{ck} = p_a - p_t$$

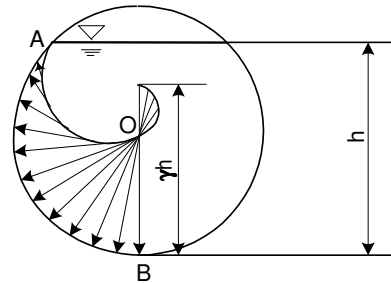
2.3.6. Biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh

Biểu diễn sự phân bố áp suất theo chiều sâu trong chất lỏng. Từ phương trình cơ bản của thủy tĩnh học $p_t = p_o + \gamma h$ là dạng phương trình bậc nhất $y = ax + b$, ta có b tương ứng với áp suất trên mặt thoáng của chất lỏng (p_o), còn hệ số góc a tương ứng trọng lượng riêng của chất lỏng và γh thay đổi theo độ sâu trong chất lỏng.

Từ đó ta có thể dễ dàng vẽ được biểu đồ áp suất thủy tĩnh tuyệt đối và áp suất dư tác dụng lên mặt phẳng AB chìm trong chất lỏng có độ sâu h (Hình 2-6). Biểu diễn ABC và AA'B'B.



Hình 2-6



Hình 2-7

Nếu trường hợp mặt chịu áp suất thủy tĩnh là một mặt cong thì cách vẽ cũng tương tự, chỉ có điều véc tơ biểu thị áp suất tại các điểm không song song với nhau nên phải vẽ từng điểm rồi nối lại. Vẽ càng nhiều điểm thì biểu đồ càng chính xác. Hình 2-7 vẽ biểu đồ áp suất dư tác dụng lên một thùng hình trụ tròn nằm ngang chứa chất lỏng ở độ sâu h .

2.4. TÍNH TƯƠNG ĐỐI

Chất lỏng chuyển động so với hệ tọa độ cố định, hệ tọa độ theo được gắn liền với khối chất lỏng chuyển động. Lực khối trong trường hợp này gồm trọng lực và lực quán tính của chuyển động theo. Ta xét hai dạng tính tương đối đặc trưng sau:

2.4.1. Bình chứa chất lỏng chuyển động thẳng thay đổi đều (gia tốc $\vec{a} = const$)

Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ (Hình 2-8)

Xuất phát từ phương trình (2-6):

$$dp = \rho (Xdx + Ydy + Zdz)$$

Lực khối: Trọng lực $\vec{G} = m\vec{g}$

Lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$

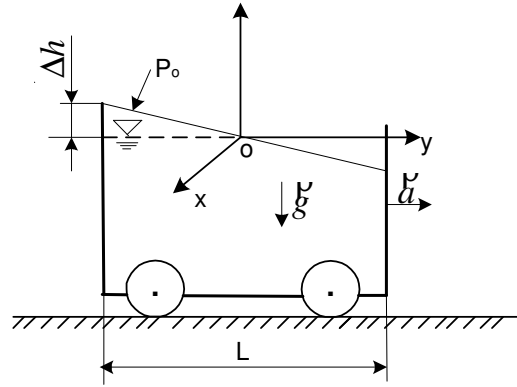
Chiếu lực khối đơn vị lên các hệ trục tọa độ:

$$X = 0 ; Y = -a ; Z = -g .$$

do đó $dp = \rho (-ady - gdz)$

$$\rightarrow p = -\rho ay - \rho gz + c$$

Tại $y = 0, z = 0$: $p = c = p_o$ - Áp suất tại mặt thoáng.



Hình 2-8

Vậy, phân bố áp suất tại mọi điểm trong chất lỏng:

$$p = p_o - \rho (ay + gz)$$

Phương trình mặt đẳng áp: $p = const$, $dp = 0$

$$ady + gdz = 0 \rightarrow ay + gz = C$$

Vậy mặt đẳng áp là mặt phẳng nghiêng một góc α

$$|tg\alpha| = \frac{a}{g} ;$$

$$- \frac{a}{g} < 0 \rightarrow a > 0 : \text{ chuyển động nhanh dần đều}$$

$$- \frac{a}{g} > 0 \rightarrow a < 0 : \text{ chuyển động chậm dần đều .}$$

*Lưu ý: ứng dụng trường hợp trên để xác định được mực nước dâng lên cao bao nhiêu khi xe chứa chất lỏng chuyển động nhanh, chậm dần đều . Tìm những biện pháp cần thiết để đảm bảo việc cung cấp nhiên liệu được điều hoà ở bộ chế hoà khí của ô tô, máy bay v.v.. .

2.4.2. Bình chứa chất lỏng quay đều với vận tốc góc $\omega = const$

Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ (Hình 2-9)

Lực khối:

$$G = mg \quad - \text{Trọng lực;}$$

$$F_{qt} = m \omega^2 r \quad - \text{Lực quán tính ly tâm.}$$

Hình chiếu lực khối đơn vị:

$$X = \omega^2 x \quad ; \quad Y = \omega^2 y \quad ; \quad Z = -g$$

$$\text{do đó: } dp = \rho (\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g dz)$$

$$p = \rho \frac{\omega^2}{2} (x^2 + y^2) - \rho g z + C$$

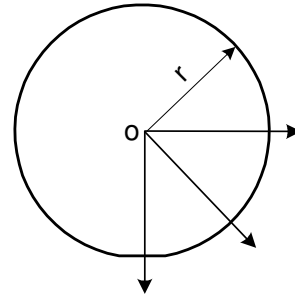
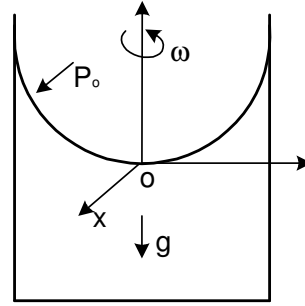
$$\text{Tại } 0: \quad x = y = z = 0 \quad : \quad p = c = p_o$$

$$\rightarrow p = \rho \frac{\omega^2}{2} r^2 - \gamma Z + p_o$$

Phương trình mặt đẳng áp:

$$\rho \omega^2 \frac{r^2}{2} - \gamma Z = C$$

Đó là phương trình mặt paraboloid tròn xoay quay quanh trục oZ .



Hình 2-9. Bình chứa chất lỏng quay đều ($\omega = \text{const}$)

Phương trình mặt thoáng (mặt tự do): $p = p_o$

$$\rho \frac{\omega^2 r^2}{2} - \gamma Z = 0$$

$$\text{do đó: } \Delta h = Z = \rho \frac{\omega^2 r^2}{2\gamma} = \frac{\omega^2 r^2}{2g}$$

*Lưu ý: Dựa trên hiện tượng này người ta chế tạo các máy đo vòng quay, các hệ thống bôi trơn ở trục, các hệ thống lắng li tâm, đúc các bánh xe, các ống gang, thép v.v..

2.5. TÍNH ÁP LỰC THỦY TĨNH

2.5.1. Xác định áp lực thủy tĩnh lên hình phẳng

Tính áp lực P lên diện tích S (Hình 2-10). Phải xác định 3 yếu tố: phương chiều, trị số và điểm đặt của P

Cách tính: tính dP tác dụng trên dS , sau đó tích phân trên toàn S sẽ được P .

- Phương chiều: $P \perp S$ và hướng vào mặt tác dụng.

- Trị số:

$$P = \int_S dP = \int_S p dS = \int_S (p_o + \gamma h) dS = \int_S p_o dS + \int_S \gamma h dS = p_o S + \gamma \int_S h dS$$

$$P = p_o S + \gamma \sin \alpha y_c S = S (p_o + \gamma h_c) = p_c S \quad (2-14)$$

Trong đó:

h_c - độ sâu của trọng tâm hình phẳng

p_c - áp suất tại trọng tâm

$\int y dS = y_c S$ - mô men tĩnh của hình phẳng xét đối với ox ;

Nếu $p_o = p_a \rightarrow$ áp lực thủy tĩnh dư:

$$P_d = \gamma h_c S \quad (2-15)$$

- Điểm đặt: xét trường hợp hình phẳng có trục đối xứng.

Gọi D' là điểm đặt của P .

Áp dụng định lý varinhong: Mô men của hợp lực (P) đối với một trục bằng tổng các mô men của các lực thành phần (dP) đối với trục đó.

Lấy mô men đối với trục x : $P_d y_D = \int y dP_d$

$$P_d y_D = \gamma h_c S y_D = \gamma y_c \sin \alpha S y_D$$

$$\int y dP_d = \int y \gamma h dS = \int y \gamma y \sin \alpha dS = \gamma \sin \alpha \int y^2 dS = \gamma \sin \alpha J_x$$

vì $J_x = \int y^2 dS = J_o + y_c^2 S$ - mô men quán tính của S đối với trục x .

J_o - mô men quán tính trung tâm.

Thay các giá trị J_x vào biểu thức trên, ta rút ra điểm đặt của P :

$$y_D = y_c + \frac{J_o}{y_c \cdot S} \quad (2-16)$$

2.5.2 . Xác định áp lực thủy tĩnh lên hình cong

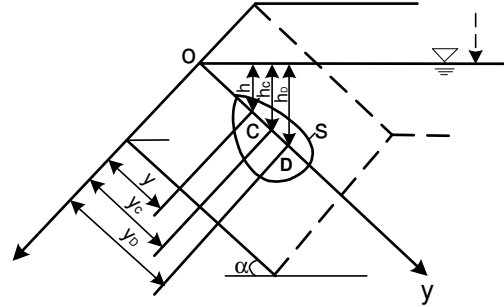
Ở đây ta xét một số trường hợp thành cong là hình cầu, hình trụ. Các lực phân tố không song song nhau.

Cách tính: Xác định những thành phần của áp lực thủy tĩnh có phương khác nhau không cùng nằm trong một mặt phẳng sau đó cộng hình học những lực thành phần, kết quả sẽ cho ta trị số của áp lực thủy tĩnh lên mặt cong về trị số cũng như phương chiều. Điểm đặt của chúng thì được xác định theo phương pháp đồ giải.

$$P (P_x , P_y , P_z) ;$$

Xét trường hợp thành cong S của bình chứa có một mặt tiếp xúc với chất lỏng, còn mặt kia tiếp xúc với không khí.

Hệ trục tọa độ chọn như hình vẽ (Hình 2-11)



Hình 2-10

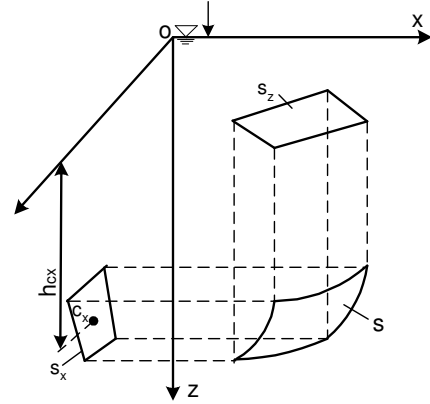
Lấy một vi phân diện tích dS (coi như phẳng), vi phân áp lực thủy tĩnh dP tác dụng lên dS ở độ sâu h được xác định:

$$dP = \gamma h dS; \quad dP \perp dS$$

$$P_x = \int_{S_x} dP_x = \int_{S_x} \gamma h dS_x = \gamma h_{cx} S_x$$

$$P_y = \int_{S_y} dP_y = \int_{S_y} \gamma h dS_y = \gamma h_{cy} S_y$$

$$P_z = \int_{S_z} dP_z = \int_{S_z} \gamma h dS_z = \gamma V$$



Hình 2-11

trong đó:

S_x, S_y - Hình chiếu của S lên mặt phẳng vuông góc với ox, oy ;

h_{cx}, h_{cy} - Độ sâu của trọng tâm S_x, S_y .

V - Thể tích hình trụ có đáy dưới là hình cong S , đáy trên là hình chiếu của S lên mặt thoáng S_z (V còn gọi là vật thể áp lực).

$$\text{Vậy: } P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \quad (2-17)$$

Phương của áp lực thủy tĩnh P lập với hệ tọa độ $oxyz$ các góc xác định bởi các cosin định hướng sau:

$$\cos(P, x) = \frac{P_x}{P}$$

$$\cos(P, y) = \frac{P_y}{P} \quad (2-18)$$

$$\cos(P, z) = \frac{P_z}{P}$$

Điểm đặt là giao điểm của phương lực P vuông góc với mặt cong. Nếu mặt cong là một phần mặt trụ trong nằm ngang thì áp lực thủy tĩnh P lên mặt đó lập thành một góc α

với phương ngang: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{P_z}{P_x}$

Áp lực thủy tĩnh P đi qua trục tâm của mặt trụ tròn.

2.5.3. Phương pháp đồ giải

Ngoài cách xác định áp lực thủy tĩnh theo phương pháp giải tích đã trình bày ở trên, trong một số trường hợp đơn giản ta có thể xác định nhanh bằng phương pháp đồ giải.

Ví dụ 1: Tính áp lực thủy tĩnh tác dụng lên tấm phẳng thẳng đứng hình chữ nhật có chiều cao h , chiều rộng b (Hình 2-12).

- Phương pháp giải tích:

Theo công thức (2-15), ta tính áp lực thủy tĩnh dư: $P = \gamma h_c S$

Độ sâu của trọng tâm thành bể thẳng đứng $h_c = h/2$ và $S = bh$.

Thay vào phương trình trên ta có:
$$P = \frac{1}{2} \gamma h b h = \gamma \frac{h^2}{2} b$$

Điểm đặt áp lực P tính theo công thức (2-16): $y_D = y_C + \frac{J_o}{y_C S}$

trong đó: $y_C = \frac{h}{2}$ và $J_o = \frac{bh^3}{12}$, $S = bh$

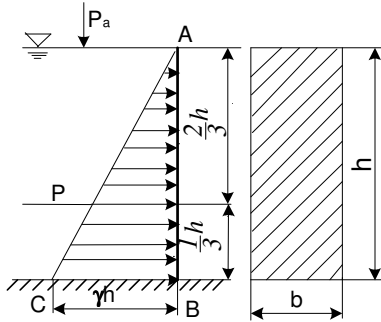
Thay vào ta có:
$$y_D = \frac{h}{2} + \frac{bh^3}{12h \frac{bh}{2}} = \frac{2}{3} h$$

- Phương pháp đồ giải:

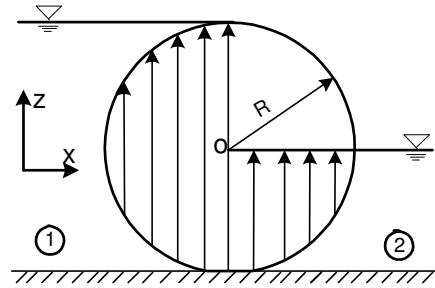
Vẽ biểu đồ áp suất thủy tĩnh dư tác dụng lên tấm phẳng ta được tam giác vuông ABC (đáy là γh , cao là h). Theo công thức tính áp lực thủy tĩnh lên hình phẳng (2-15):

$$P = \gamma h_c S = \gamma \frac{h}{2} h b = \gamma h \frac{h}{2} b = \Omega b$$

Trong đó: $\Omega = \gamma h \frac{h}{2}$ - diện tích tam giác biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh.



Hình 2-12



Hình 2-13

Vậy áp lực thủy tĩnh có trị số bằng trọng lượng khối chất lỏng hình trụ có đáy là biểu đồ áp suất ($\gamma h \frac{h}{2}$) và chiều cao là bề rộng của cánh cửa (b)

Điểm đặt của P đi qua trọng tâm biểu đồ áp suất và vuông góc với mặt tác dụng (P đi qua trọng tâm ΔABC , cách A một khoảng $2/3 h$)

Ví dụ 2: Tính áp lực lên trụ tròn có bán kính R , chiều dài b

Chọn hệ trục tọa độ như hình vẽ (hình 2-13). P ở trường hợp này chỉ bao gồm P_x và P_z . $P_x = P_{1x} - P_{2x}$ được xác định theo biểu đồ áp suất:

$$P_x = \gamma 2R.R.b - \gamma R.(R/2).b = (3/2) \gamma R^2 b$$

$$P_z = P_{1z} + P_{2z} = \gamma V_1 + \gamma V_2 = \gamma \frac{\pi R^2}{2} b + \gamma \frac{\pi R^2}{4} b = \frac{3}{4} \gamma \pi R^2 b$$

$$\text{vậy} \quad P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$$

Phương của P đi qua trục tâm và nghiêng 1 góc α so mặt phẳng nằm ngang một góc α xác định bởi: $\cos \alpha = \frac{P_x}{P}$ hay $\sin \alpha = \frac{P_z}{P}$

Điểm đặt của P là giao điểm của phương P vuông góc với mặt cong.

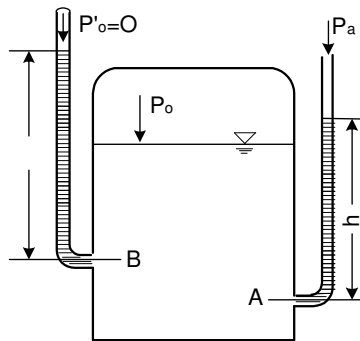
2.6. MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA THUỶ TĨNH HỌC

2.6.1. Dụng cụ đo áp suất

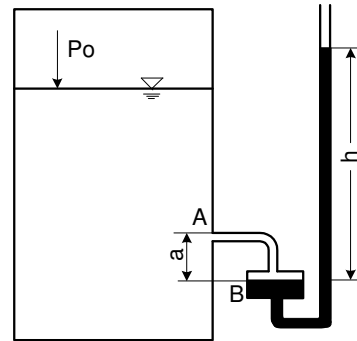
a - Ống đo áp: Là một ống thủy tinh đường kính không nhỏ hơn $10mm$. Đầu dưới nối với nơi cần đo áp suất, đầu trên hở thông với khí quyển (để đo áp suất dư) hoặc kín được hút hết không khí trong ống ra (để đo áp suất tuyệt đối) (Hình 2-14).

Khi nối ống đo áp vào nơi cần đo, chất lỏng sẽ dâng lên trong ống với một độ cao nhất định ta sẽ xác định được áp suất tại điểm đó: $P_d = \gamma h$ và $P_t = \gamma h'$

Dùng ống đo áp để đo các áp suất nhỏ cần có độ chính xác cao, do đó người ta thường dùng ống đo áp trong các phòng thí nghiệm.



Hình 2-14



Hình 2-15

b - Áp kế thủy ngân: Là một ống thủy tinh hình chữ U đựng thủy ngân (Hình 2-15); ở nhánh trái của ống nơi nối với chỗ cần đo áp suất có một bầu lớn mục đích để khi đo, thủy ngân di chuyển trong ống thì mức thủy ngân ở bầu hầu như không thay đổi.

Áp suất dư tại A được xác định: $P_d = \gamma_{Hg} h - \gamma a$

c - Chân không kế thủy ngân:

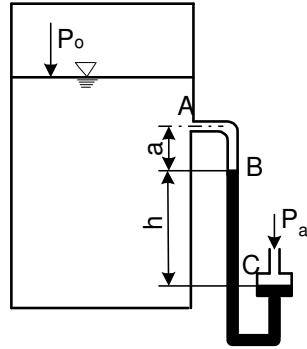
Cấu tạo (Hình 2-16). Tính áp suất chân không tại A ta có:

$$P_{CKA} = \gamma_{Hg}h + \gamma a$$

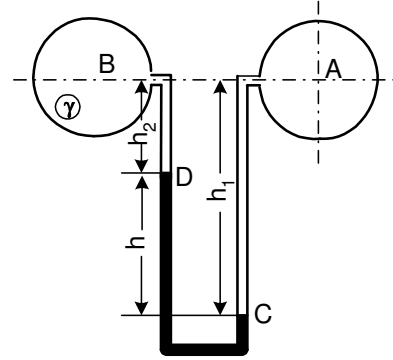
d - áp kế đo chênh: Để đo độ chênh lệch về áp suất tại hai điểm . Nó là một áp kế hình chữ U (Hình 2-17) $P_A - P_B = (\gamma_{Hg} - \gamma)h$

**Lưu ý :* Ngoài thủy ngân ra còn có thể dùng các chất lỏng khác trong các áp kế, chân không kế như cồn, nước v.v..

Những loại áp kế dùng chất lỏng nói trên thường được dùng để đo trong các phòng thí nghiệm với độ cao chính xác cao.

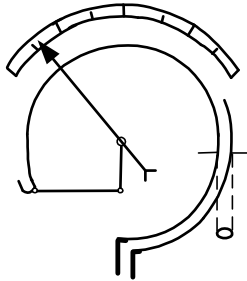


Hình 2-16

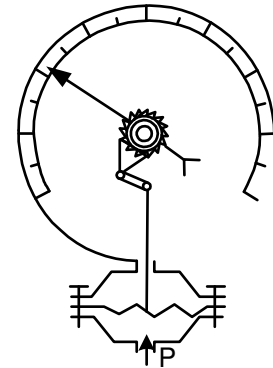


Hình 2-17

Trong thực tế kỹ thuật thường dùng các loại áp kế bằng kim loại như áp kế lò xo (Hình 2-18), áp kế màng (Hình 2-19). Các áp kế này cho ta ngay trị số đọc được trên đồng hồ đo là áp suất dư đối áp kế và áp suất chân không đối chân không kế.



Hình 2-18



Hình 2-19

2.6.2. Định luật Patscal và ứng dụng thực tế

a - Định luật Patscal: “Trong một bình kín chứa chất lỏng ở trạng thái tĩnh, áp suất do ngoại lực tác dụng lên mặt thoáng được truyền nguyên vẹn tới mọi điểm của chất lỏng”.

Xét một bình đựng chất lỏng đầy kín bằng một Pittông có áp suất trên mặt thoáng là p_o (Hình 2-20). Tại hai điểm bất kỳ 1 và 2 ở độ sâu h_1 và h_2 áp suất bản:

$$p_1 = p_o + \gamma h_1$$

$$p_2 = p_o + \gamma h_2$$

Nếu ta nén Pittông để làm tăng áp suất trên mặt thoáng lên một lượng Δp thì áp suất trên mặt thoáng trở thành:

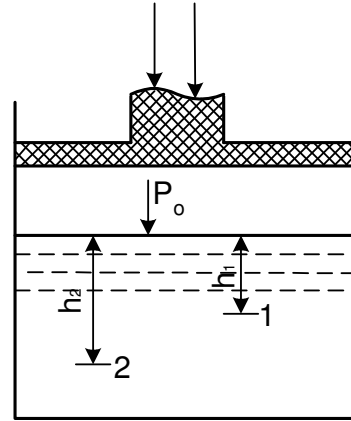
$$p_o' = p_o + \Delta p$$

và áp suất tại các điểm 1 và 2 lúc này bằng:

$$p_1' = p_o' + \gamma h_1 = p_1 + \Delta p$$

$$p_2' = p_o' + \gamma h_2 = p_2 + \Delta p$$

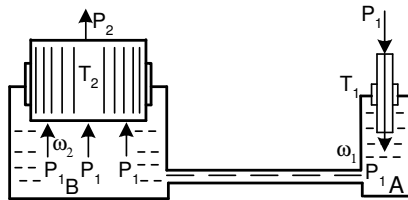
Rõ ràng lượng tăng áp suất Δp đã được truyền nguyên vẹn đến điểm 1 và 2. Vì hai điểm này được chọn bất kỳ nên kết luận trên đây cũng đúng cho mọi điểm khác trong chất lỏng.



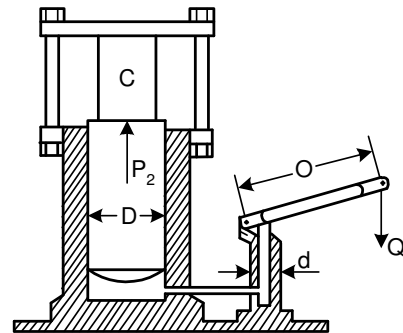
Hình 2-20

b. Ứng dụng của định luật Patscal: Trong kỹ thuật, dựa trên nguyên tắc cơ bản là truyền áp suất bên trong chất lỏng, người ta đã chế tạo một số loại máy thủy lực: máy ép thủy lực, máy tích năng, máy tăng áp, kích, cơ, cần truyền lực và truyền động bằng thủy lực...

Ở đây ta chỉ xét một ứng dụng cụ thể: máy ép thủy lực. Sơ đồ làm việc của máy ép thủy lực (Hình 2-21) gồm hai bộ phận chính: một xi lanh B và pittông lớn T_2 có tiết diện ω_2 , một xi lanh A và pittông nhỏ T_1 có tiết diện ω_1 . Hai xi lanh thông nhau và đựng chất lỏng, một cánh tay đòn quay quanh trục O (Hình 2-22)



Hình 2-21



Hình 2-22

Khi tác dụng vào cánh tay đòn lực Q, gây lên lực P_1 ở pittông nhỏ, áp suất ở xi lanh nhỏ là:

$$P_1 = \frac{P}{\omega_1}$$

Theo định luật Patxcan, áp suất do pittông nhỏ tác dụng vào chất lỏng p_1 được truyền nguyên vẹn đến xi lanh lớn cũng là p_1 .

Áp lực tác dụng lên mặt pittông lớn là: $P_2 = \omega_2 p_1$

thay p_1 từ biểu thức trên ta được:

$$P_2 = \frac{P_1}{\omega_1} \omega_2 \quad \text{hay} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

Nếu coi P_1, ω_1 không đổi thì muốn tăng P_2 ta phải tăng diện tích mặt pít tông lớn ω_2 .

2.6.3. Định luật Acsimét - cơ sở lý luận về vật nổi

a. Định luật Acsimét: “Một vật ngập trong chất lỏng chịu một lực đẩy của chất lỏng thẳng đứng từ dưới lên trên bằng trọng lượng của thể tích chất lỏng bị vật choán chỗ và gọi là lực đẩy Acsimét”.

Để chứng minh, ta xét một hình trụ ngập trong chất lỏng (Hình 2-23), vật này chịu tác dụng của những lực sau:

- Áp lực P_1 tác dụng lên mặt hình trụ:

$$P_1 = \gamma h_1 \omega$$

- Áp lực P_2 tác dụng lên đáy hình trụ:

$$P_2 = \gamma h_2 \omega$$

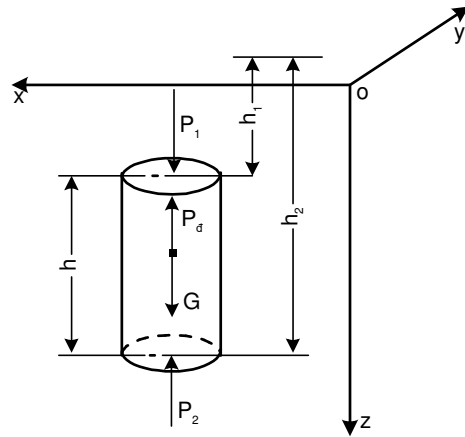
- Áp lực lên mặt xung quanh hình trụ: Có phương ngược nhau và có trị số bằng nhau nên triệt tiêu lẫn nhau.

Tổng hợp lại vật chịu tác dụng một lực đẩy P_d :

$$P_d = P_2 - P_1 = \gamma h_2 \omega - \gamma h_1 \omega = \gamma \omega h$$

hay:
$$P_d = \gamma V$$

γV là trọng lượng của thể tích chất lỏng bị vật choán chỗ.



Hình 2-23

Điểm đặt của lực đẩy P_d là trọng tâm của thể tích chất lỏng bị choán chỗ gọi là tâm đẩy. Thông thường thì tâm đẩy không trùng với trọng tâm của vật, chỉ có trọng tâm của một vật rắn đồng chất mới trùng với tâm đẩy.

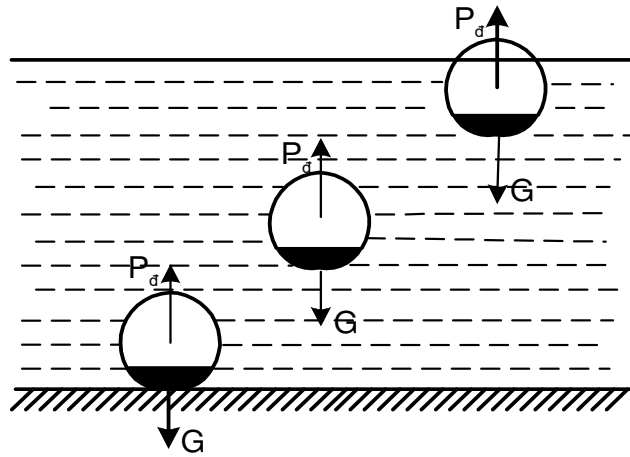
b. Điều kiện nổi của một vật

Căn cứ vào tương quan giữa lực đẩy Acsimét P_d và trọng lượng của vật G , ta có 3 trường hợp sau (Hình 2-24):

Nếu $G > P_d$ - Vật chìm xuống đáy;

Nếu $G = P_d$ - Vật lơ lửng trong chất lỏng;

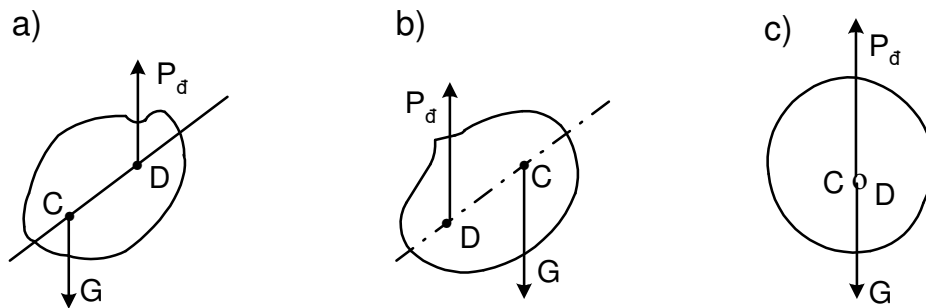
Nếu $G < P_d$ - Vật bị đẩy nổi lên khỏi mặt chất lỏng đến khi nào trọng lượng phần thể tích vật ngập trong chất lỏng (lực đẩy P_d) bằng trọng lượng vật G thì thôi.



Hình 2-24

c. Tính ổn định của vật: Là khả năng khôi phục lại vị trí cân bằng của vật khi làm thay đổi vị trí của vật.

Ta thấy rằng một vật nổi trong chất lỏng muốn cân bằng thì ngoài điều kiện lực đẩy bằng trọng lượng của vật còn phải có điều kiện trọng tâm C và tâm đẩy D ở trên cùng một đường thẳng.



Hình 2-25

Thực tế có thể có những ngoại lực đặt vào vật nổi làm mất trạng thái cân bằng, vật bị nghiêng đi. Nghiên cứu tính ổn định của vật ta thấy:

- Nếu trọng tâm C thấp hơn tâm đẩy D (Hình 2-25a) thì vật ở trạng thái cân bằng bền. Khi vật bị ngoại lực làm nghiêng đi thì vật có khả năng khôi phục trạng thái cân bằng như cũ.

- Nếu trọng tâm C cao hơn tâm đẩy D (Hình 2-25b) thì vật ở trạng thái cân bằng không bền. Nếu vật bị đẩy ra khỏi trạng thái cân bằng thì không thể khôi phục lại trạng thái cân bằng cũ được mà càng nghiêng đi.

- Nếu trọng tâm C và tâm đẩy D trùng nhau (hình 2-25c), ta có vật ở trạng thái cân bằng phiếm định. Khi đó bất kỳ ở vị trí nào vật cũng vẫn được cân bằng.

Cơ sở lý luận về vật nổi nói trên được ứng dụng rộng rãi trong việc thiết kế và vận chuyển của tàu thuyền và những vật nổi khác (Tham khảo [1, 7]).

CHƯƠNG III

ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT LỎNG

3.1. KHÁI NIỆM CHUNG.

Thủy động lực học (hay là động lực học của chất lỏng). Nghiên cứu các qui luật đặc trưng chuyển động của chất lỏng và ứng dụng các quy luật ấy vào thực tiễn sản xuất.

Nhiệm vụ chủ yếu của thủy động lực học là xác lập liên hệ giữa những trị số cơ bản đặc trưng cho chuyển động như vận tốc dòng chảy U , độ sâu h và áp suất thủy động p sinh ra trong chất lỏng chuyển động. Cần chú ý rằng áp suất thủy động có hướng khác nhau tùy theo chất lỏng ta nghiên cứu là chất lỏng thực hay chất lỏng lý tưởng. Trong chất lỏng lý tưởng áp suất thủy động hướng theo pháp tuyến của mặt chịu tác dụng; còn trong chất lỏng thực áp suất thủy động vẫn hướng vào mặt tác dụng, nhưng không hướng theo pháp tuyến, vì nó là tổng hợp của thành phần ứng suất pháp tuyến và thành phần ứng suất tiếp tuyến do lực nhớt gây ra.

Khi nghiên cứu chuyển động của chất lỏng, có thể dùng phương pháp Lagrangio hoặc phương pháp Ôle.

- Phương pháp Lagrangio khảo sát chuyển động từng phần tử chất lỏng riêng biệt. Giả sử ở thời điểm ban đầu t_0 , phần tử chất lỏng có vị trí $A_0(a,b,c)$; ở thời điểm t , nó chuyển sang tọa độ $A(x,y,z)$. Gọi \vec{r} là véc tơ bán kính chuyển động của mỗi phần tử ở thời điểm t :

$$\vec{r}(a,b,c,t); \quad (3-1)$$

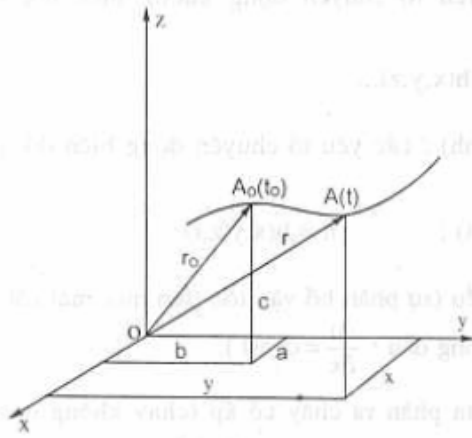
hay là hình chiếu lên các trục tọa độ (hình 3-1):

$$\begin{aligned} x &= x_1(a,b,c,t); \\ y &= y_1(a,b,c,t); \\ z &= z_3(a,b,c,t). \end{aligned} \quad (3-2)$$

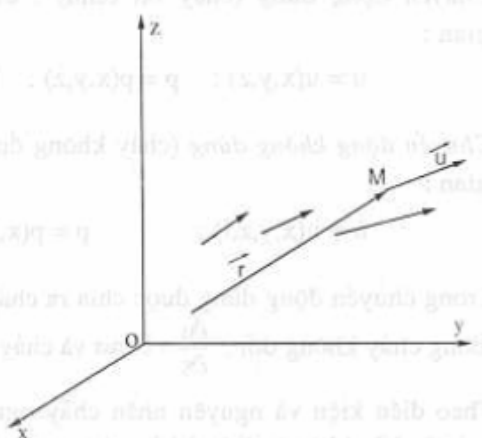
Nếu biết x_1, y_1, z_1 ta sẽ biết chuyển động của phần tử chất lỏng và quỹ đạo của nó và

từ đó suy ra vận tốc $\vec{u} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, gia tốc $\vec{w} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ a,b,c,t - gọi là biến số Lagrangio.

- Phương pháp Ôle nghiên cứu vận tốc của các phần tử chất lỏng tại nhiều điểm trong dòng chảy ở những thời điểm khác nhau.



Hình 3-1



Hình 3-2

Ví dụ ta xét một điểm M cố định trong không gian xác định bởi véc tơ bán kính $\vec{r}(x,y,z)$. Tại thời điểm T ta xác định được véc tơ vận tốc của phần tử chất lỏng đi qua điểm đó (hình 3-2):

$$\vec{u} = \vec{u}(x,y,z,t) \quad (3-3)$$

Khảo sát chuyển động của nhiều phân tử chất lỏng tại các điểm cố định trong dòng chảy. Ứng với thời điểm t xác định, ta có các véc tơ vận tốc phân bố tại các điểm trong không gian, nghĩa là ta có trường vận tốc.

Hình chiếu của \vec{u} lên các trục tọa độ

$$\begin{aligned} u_x &= u(x,y,z,t) \\ u_y &= V(x,y,z,t) \\ u_z &= W(x,y,z,t) \end{aligned} \quad (3-4)$$

Gia tốc :

$$\begin{aligned} \vec{W} = \frac{d\vec{u}}{dt} &= \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial \vec{u}}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial \vec{u}}{\partial z} \frac{dz}{dt} \\ &= \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x} u_x + \frac{\partial \vec{u}}{\partial y} u_y + \frac{\partial \vec{u}}{\partial z} u_z \end{aligned} \quad (3-5)$$

x,y,z,t gọi là biến số Ôle.

So sánh hai phương pháp : Phương pháp Lagrangio nghiên cứu chuyển động bằng cách gắn chặt vào một phân tử chất lỏng, do đó tìm được quỹ đạo của nó (như chuyển động sóng). Còn phương pháp Ôle xác định được trường vận tốc và sẽ tìm được dòng của các phân tử chất lỏng. Có thể chuyển từ biến số Lagrangio sang biến số Ôle và ngược lại.

3.2. CÁC ĐẶC TRƯNG ĐỘNG HỌC CỦA CHẤT LỎNG.

3.2.1. Phân loại chuyển động

- Căn cứ vào tính chất chảy, người ta phân ra chuyển động dừng và không dừng :

+ Chuyển động dừng (chảy ổn định) : các yếu tố chuyển động không biến đổi theo thời gian :

$$u = u(x,y,z) \quad ; \quad p = p(x,y,z) \quad ; \quad h = h(x,y,z) \dots$$

+ Chuyển động không dừng (chảy không ổn định) : Các yếu tố chuyển động biến đổi theo thời gian :

$$u = u(x,y,z,t) \quad ; \quad p = p(x,y,z,t) \quad ; \quad h = h(x,y,z,t) \dots$$

Trong chuyển động dừng được chia ra chảy đều (sự phân bố vận tốc trên mọi mặt cắt dọc theo dòng chảy không đổi - $\frac{\partial u}{\partial x} = const$ và chảy không đều $\frac{\partial u}{\partial x} \neq const$).

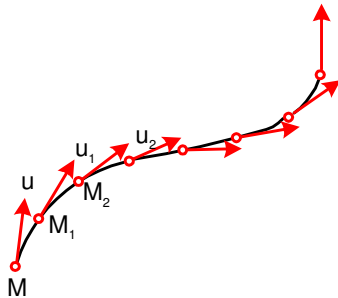
Theo điều kiện và nguyên nhân chảy người ta phân ra chảy có áp (chảy không có mặt thoáng) và chảy không có áp (chảy có mặt thoáng)

3.2.2. Đường dòng, dòng nguyên tố.

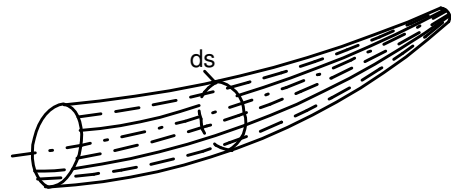
1) Trong một trường véc tơ vận tốc, ta có thể tìm được một đường cong sao cho nó tiếp tuyến với các véc tơ vận tốc qua các điểm của nó. Đường cong đó gọi là đường dòng (hình3-3).

Nếu gọi dr là một phân tố của đường dòng và u là véc tơ vận tốc tiếp tuyến với phân tố đó, ta có phương trình đường dòng :

$$\vec{u} \parallel d\vec{r} \rightarrow \vec{u} \wedge d\vec{r} = 0 \rightarrow \frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \quad (3-6)$$



Hình 3-3



Hình 3-4

*Chú ý : - Tại mỗi điểm trong không gian, ở mỗi thời điểm chỉ đi qua một đường dòng, nghĩa là các đường dòng không cắt nhau.

- Cần phân biệt quỹ đạo với đường dòng : Quỹ đạo đặc trưng cho sự biến thiên vị trí của phần tử chất lỏng theo thời gian, còn đường dòng biểu diễn phương vận tốc của các phần tử chất lỏng tại thời điểm.

Trong chuyển động dừng thì chúng trùng nhau.

2) Các đường dòng tựa lên một vòng kín vô cùng nhỏ ta được một ống dòng (hình 3-4). Chất lỏng không thể xuyên qua ống dòng.

3) Dòng chất lỏng chảy đầy trong ống dòng gọi là dòng nguyên tố. Dòng nguyên tố có những đặc tính sau :

- Dạng của dòng nguyên tố không thay đổi theo thời gian vì dạng của đường dòng tạo thành dòng nguyên tố trong chuyển động dừng.

- Bề mặt của những dòng nguyên tố do những đường dòng tạo thành là không xuyên qua được. Những chất điểm của chất lỏng trong các dòng lân cận trượt theo bề mặt các dòng chứ không xuyên vào trong dòng được.

- Vì mặt cắt của dòng nguyên tố vô cùng nhỏ nên vận tốc của các điểm trong mặt cắt đều bằng nhau.

3.2.3. Các yếu tố thủy lực của dòng chảy.

1) Mặt cắt ướt ω là mặt cắt vuông góc với véc tơ vận tốc của dòng chảy.

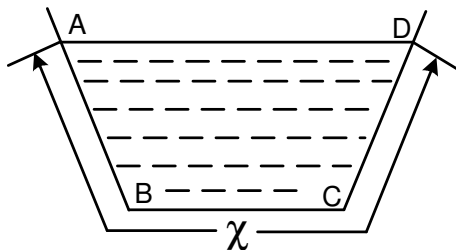
Chu vi ướt (χ) là phần chu vi của mặt cắt ướt tiếp xúc với thành rắn giới hạn dòng chảy (ví dụ cung ABC, hình 3-5)

Bán kính thủy lực (R) là tỷ số giữa diện tích mặt cắt ướt và chu vi ướt.

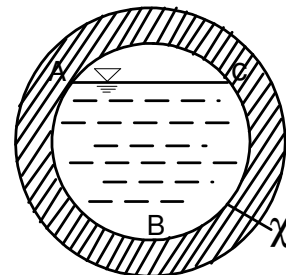
$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (3-7)$$

Lưu lượng (Q) là lượng chất lỏng chảy qua mặt cắt ướt trong một đơn vị thời gian:

$$Q = \int_{\omega} u d\omega \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3-8)$$



Hình 3-5



Hình 3-6

Như ta đã biết, các vận tốc điểm trên mặt cắt ướt của dòng chảy không bằng nhau. Để thuận tiện cho việc nghiên cứu và giải quyết những vấn đề kỹ thuật, ta đưa vào khái niệm vận tốc trung bình mặt cắt v , tức là coi mọi điểm trên mặt cắt ước có vận

tốc bằng nhau. Lưu lượng tính theo vận tốc trung bình mặt cắt v cũng bằng lưu lượng tính theo sự phân bố vận tốc thực của dòng chảy (hình 3-6)

$$Q = \int_{\omega} u d\omega = \int_{\omega} v d\omega = v \int_{\omega} d\omega = v\omega \quad (3-9)$$

Suy ra vận tốc trung bình :

$$v = \frac{Q}{\omega} \quad (3-10)$$

Như vậy vận tốc trung bình của dòng chảy bằng lưu lượng chia cho mặt cắt ướt.

3.3. PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC CỦA DÒNG CHẢY.

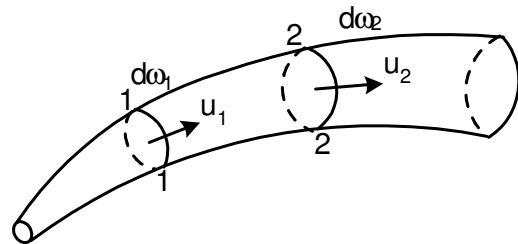
Đây là một dạng của định luật bảo toàn khối lượng : Khối lượng m của hệ cô lập không thay đổi trong suốt quá trình chuyển động

$$\frac{dm}{dt} = 0$$

3.3.1. Phương trình liên tục của dòng nguyên tố.

Xét một dòng nguyên tố chuyển động dừng (hình 3-7) xét đoạn giới hạn giữa hai mặt cắt 1-1 và 2-2.

Tại mặt cắt 1-1, có mặt cắt ướt $d\omega_1$, vận tốc u_1 . Tại mặt cắt 2-2, có mặt cắt ướt $d\omega_2$, vận tốc u_2 . Trong thời gian dt , thể tích chất lỏng chảy vào qua 1-1 là $u_1 d\omega_1 dt$, đồng thời thể tích chất lỏng chảy qua 2-2 là $u_2 d\omega_2 dt$.



Hình 3-7

Theo tính chất của dòng nguyên tố trong chuyển động dừng : vì hình dạng của đoạn dòng nguyên tố không thay đổi theo thời gian, bề mặt của chất lỏng không xuyên qua được và chất lỏng không ép được nên trong thời gian dt , nên thể tích chất lỏng chảy qua mặt cắt 1-1 phải bằng thể tích chất lỏng chảy cùng thời gian ấy qua mặt cắt 2-2.

Vậy ta có :

$$u_1 d\omega_1 dt = u_2 d\omega_2 dt$$

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 \quad (3-11)$$

hay :

$$dQ_1 = dQ_2 \quad (3-12)$$

3.3.2. Phương trình liên tục của toàn dòng chảy.

Muốn lập phương trình liên tục của toàn dòng chảy trong khoảng xác định ứng với mặt cắt ω ta mở rộng phương trình liên tục của dòng nguyên tố cho toàn dòng bằng cách tích phân phương trình đó trên toàn mặt cắt ω .

$$\int_{\omega_1} u_1 d\omega_1 = \int_{\omega_2} u_2 d\omega_2$$

Rút ra : $Q_1 = Q_2$ (3-13)

hay : $v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2$ (3-14)

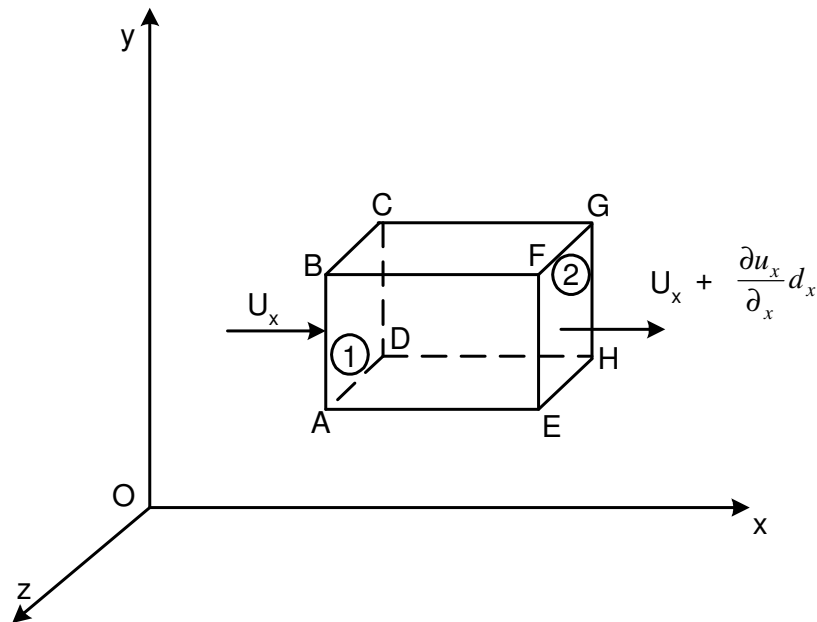
Đó là phương trình liên tục của dòng chảy ổn định có kích thước xác định.

Chú ý mặt cắt 2-2 ta chọn tùy ý trong dòng nguyên tố và trong toàn dòng, do đó có thể kết luận rằng :

Trong dòng chảy ổn định, lưu lượng qua mọi mặt cắt ướt đều bằng nhau, và vận tốc trung bình v tỷ lệ nghịch với diện tích mặt cắt ướt.

3.3.3. Phương trình vi phân liên tục của dòng chảy (Dạng Ole)

Trong môi trường chất lỏng chuyển động ta tưởng tượng tách ra một phân tố hình hộp có thể tích $\Delta V = dx dy dz$ (hình 3-8).



Hình 3-8

Theo định luật bảo toàn khối lượng :

$$\frac{d(\rho \Delta V)}{dt} = 0$$

$\rho = \rho(x,y,z,t)$ - Khối lượng riêng của chất lỏng.

Lấy đạo hàm theo t :

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \frac{1}{\Delta V} \frac{d\Delta V}{dt} = 0$$

$\frac{d\Delta V}{dt}$ - Vận tốc biến dạng tương đối của thể tích phân tử chất lỏng

Xét theo phương X : vận tốc tại mặt ABCD : u_x

$$\text{vận tốc tại mặt EFGH : } u_x + \frac{\partial u_x}{\partial x} dx$$

Sau thời gian dt : mặt ABCD di chuyển sang phải : $u_x dt$

$$\text{mặt EFGH : } \left(u_x + \frac{\partial u_x}{\partial x} dx \right) dt$$

Thể tích của phân tử chất lỏng thay đổi theo hướng trục X một lượng tuyệt đối bằng:

$$\left(u_x + \frac{\partial u_x}{\partial x} dx \right) dydzdt - u_x dydzdt = \frac{\partial u_x}{\partial x} dx dydzdt$$

Tương tự viết cho hai phương y,z, tổng hợp lại ta có :

$$d\Delta V = \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) dx dy dz dt$$

hay :

$$\frac{1}{\Delta V} \cdot \frac{d\Delta V}{dt} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z}$$

Vậy :

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0$$

Đó chính là phương trình liên tục dạng tổng quát. có thể viết gọn hơn :

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \text{div} \vec{u} = 0 \quad (3-15)$$

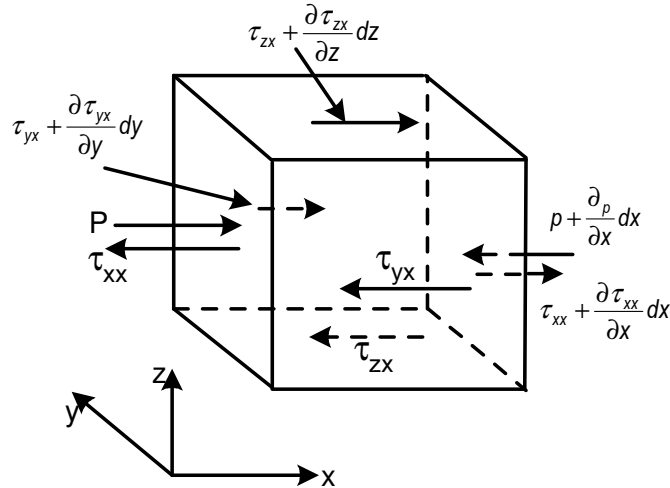
Trong chuyển động dừng (dòng chảy ổn định) $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ nên $\text{div}(\rho \vec{u}) = 0$

Đối với chất lỏng không nén được ($\rho = \text{const}$) ta được

$$\text{div} \vec{u} = 0$$

3.4. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN ĐỐI VỚI CHUYỂN ĐỘNG CỦA CHẤT LỎNG THỰC (PHƯƠNG TRÌNH NAVIE-STOKES)

Ta xét một khối hình hộp chất lỏng thực được tách ra từ một thể tích chất lỏng chuyển động có các cạnh là dx , dy và dz song với các trục tọa độ x , y , z (hình 3-9), chuyển động với vận tốc u và gia tốc du/dt .



Hình 3-9

Các lực tác dụng lên hình hộp bao gồm :

- Lực khối \vec{F}_k với các hình chiếu lên các trục x , y , z lần lượt là :

$$\begin{aligned} F_{kx} &= \rho X dx dy dz \\ F_{ky} &= \rho Y dx dy dz \\ F_{kz} &= \rho Z dx dy dz \end{aligned} \quad (3-16)$$

trong đó X , Y , Z là hình chiếu của lực khối trên một đơn vị khối lượng chất lỏng.

- Lực bề mặt \vec{F}_m được xác định dựa theo các đại lượng áp suất và 9 thành phần ứng suất của lực nhớt lập thành tenxơ ứng suất :

$$\begin{pmatrix} (-p + \tau_{xx}) & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & (-p + \tau_{yy}) & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & (-p + \tau_{zz}) \end{pmatrix}$$

trong đó áp suất được ký hiệu là p và các ứng suất nhớt là τ_{ij} ; với ij trong τ_{ij} chỉ ra rằng thành phần ứng suất tác dụng theo phương j tại tiết diện vuông góc với phương i .

Phân tích hình chiếu của các lực mặt lên các trục tọa độ, chẳng hạn như hình chiếu các lực mặt lên trục x có dạng :

$$\begin{aligned}
F_{mx} &= \left[(p - \tau_{xx}) dydz + \left(-p - \frac{\partial p}{\partial x} dx + \tau_{xx} \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} dx \right) dydz \right] + \\
&+ \left[-\tau_{yx} + \tau_{yx} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} dy \right] dx dz + \left[-\tau_{zx} + \tau_{zx} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} dz \right] dx dy = \quad (3-17a) \\
&= \left(-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) dx dy dz
\end{aligned}$$

Tiến hành tương tự với các trục y và z ta có :

$$F_{my} = \left(-\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (3-17b)$$

$$F_{mz} = \left(-\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (3-17c)$$

- Lực quán tính $M \frac{d\vec{u}}{dt}$, trong đó $M = \rho dx dy dz$ là trọng lượng chất lỏng.

Theo nguyên lý bảo toàn động lượng, lực quán tính phải cân bằng với các lực tác dụng nên ta có :

$$M \frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F}_k + \vec{F}_m \quad (3-18)$$

Nếu chia cả hai vế cho $\rho dx dy dz$ ta có phương trình động lực dạng ứng suất :

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F} + \frac{1}{\rho} \vec{f}_m \quad (3-19)$$

trong đó : $\vec{F} = \frac{\vec{F}_k}{\rho dx dy dz}$ và $\vec{f}_m = \frac{\vec{F}_m}{dx dy dz}$

hay dưới dạng hình chiếu lên các trục tọa độ x, y, z, hệ phương trình vi phân đối với chuyển động của chất lỏng thực dạng ứng suất sẽ là :

$$\frac{du_x}{dt} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) \quad (3-20a)$$

$$\frac{du_y}{dt} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right) \quad (3-20b)$$

$$\frac{du_z}{dt} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) \quad (3-20c)$$

Theo giả thiết của Newton thì các thành phần ứng suất τ_{xx} , τ_{yy} , τ_{zz} là hàm số của vận tốc biến dạng dài của chất lỏng :

$$\tau_{xx} = 2\mu \frac{\partial u_x}{\partial x} - \frac{2}{3} \mu \operatorname{div} \vec{u}$$

$$\tau_{yy} = 2\mu \frac{\partial u_y}{\partial y} - \frac{2}{3} \mu \operatorname{div} \vec{u} \quad (3-21)$$

$$\tau_{zz} = 2\mu \frac{\partial u_z}{\partial z} - \frac{2}{3} \mu \operatorname{div} \vec{u}$$

Cũng theo giả thiết của Niuton (ứng suất nhớt tiếp tỉ lệ với biến dạng góc) mở rộng cho trường hợp chuyển động không gian :

$$\begin{aligned} \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \mu \left(\frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} &= \mu \left(\frac{\partial u_z}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial z} \right) \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} &= \mu \left(\frac{\partial u_z}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (3-22)$$

Thay các biểu thức (3-21 và 3-22) vào hệ phương trình (3-20a-c) và thực hiện một số phép biến đổi ta được hệ ba phương trình vi phân sau :

$$\frac{du_x}{dt} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) + \frac{\nu}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \quad (3-23a)$$

$$\frac{du_y}{dt} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2} \right) + \frac{\nu}{3} \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \quad (3-23b)$$

$$\frac{du_z}{dt} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) + \frac{\nu}{3} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) \quad (3-23c)$$

hay dưới dạng vectơ :

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p + \nu \Delta \vec{u} + \frac{\nu}{3} \operatorname{grad}(\operatorname{div} \vec{u}) \quad (3-24)$$

trong đó : $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ - toán tử Laplace

Hệ phương trình (3-23a-c) chính là phương trình Navies-Stockes (1822). Đây là phương trình động lực dưới dạng tổng quát nhất đối với chất lỏng thực.

Trong trường hợp chất lỏng không nén được ($\rho = \text{const}$) ta có $\operatorname{div} u = 0$ và phương trình vi phân chuyển động của chất lỏng thực không nén được có dạng :

$$\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p + \nu \Delta \vec{u} \quad (3-25)$$

Trường hợp chất lỏng không nhớt ($\nu = 0$), ta có phương trình vi phân chuyển động Ôle của chất lỏng lý tưởng :

$$\frac{d\mathbf{u}}{dt} = \mathbf{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p \quad (3-26)$$

Trường hợp chất lỏng không chuyển động ($u = 0$) hay chuyển động thẳng đều ($du/dt = 0$) ta sẽ được phương trình Ôle tĩnh (2-5) :

$$\mathbf{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = 0$$

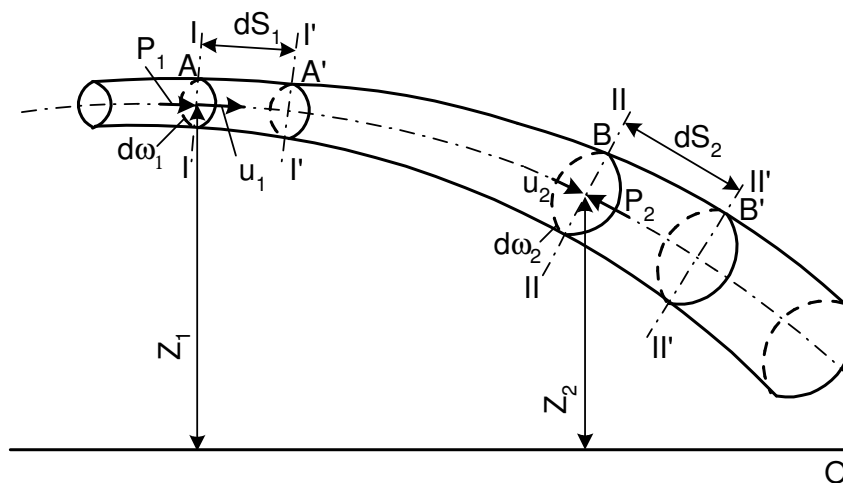
(*) Lưu ý : Do tính chất phi tuyến của phương trình Navies - Stockes nên tích phân của nó hiện chỉ có thể thực hiện được trong một số ít trường hợp, ví dụ như bài toán về dòng chảy giữa hai bản phẳng song song. Trong số lớn các trường hợp khác, người ta thực hiện tuyến tính hoá phương trình bằng cách đơn giản bớt các điều kiện bài toán, bỏ bớt một vài số hạng có ảnh hưởng không đáng kể so với các số hạng còn lại...

3.5. PHƯƠNG TRÌNH BECNULI VIẾT CHO DÒNG NGUYÊN TỐ CHẤT LỎNG LÝ TƯỞNG - Ý NGHĨA CỦA PHƯƠNG TRÌNH BECNULI

Năm 1738 . Becnuli đã tìm ra phương trình nổi tiếng về quan hệ giữa vận tốc và động áp lực của dòng chảy bằng cách ứng dụng định luật động năng vào chuyển động của chất lỏng. Phương trình Becnuli còn được gọi là phương trình năng lượng vì nó là một dạng của định luật bảo toàn năng lượng .

3.5.1. Phương trình Becnuli viết cho dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng

Xét một đoạn dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chuyển động ổn định giới hạn bởi mặt cắt I-I và II-II (hình 3-10)



Hình 3-10

Tại trọng tâm của I-I và II-II ta có :

- Độ cao hình học Z_1 và Z_2
- Áp suất thủy động P_1 và P_2
- Vận tốc v_1 và v_2
- Diện tích mặt cắt $d\omega_1$ và $d\omega_2$

Ta thấy rằng đoạn chất lỏng AB sau thời gian dt đã chuyển đến vị trí mới A'B'. Khi đó những chất điểm của chất lỏng từ mặt cắt I-I chuyển động với vận tốc u_1 đã dịch chuyển được một đoạn dS_1 đến mặt cắt I'-I'. Còn những chất điểm trong mặt cắt II-II chuyển động với vận tốc u_2 đã dịch chuyển được một đoạn dS_2 đến mặt cắt II'-II'.

Ta có :
$$dS_1 = u_1 dt \quad \text{và} \quad dS_2 = u_2 dt .$$

Theo phương trình liên tục của dòng nguyên tố ta viết được :

$$d\omega_1 u_1 = d\omega_2 u_2 = dQ$$

Theo định luật bảo toàn động năng : “ Sự thay đổi động năng của khối lượng một vật chuyển động trong một khoảng thời gian nào đó bằng tổng số công của tất cả những lực tác dụng lên vật ấy cũng trong khoảng thời gian đó “.

Ứng dụng định luật bảo toàn động năng vào chuyển động của đoạn chất lỏng AB. Trên hình 3-10 ta thấy khi đoạn chất lỏng chuyển động từ AB đến A'B', ta xem như phân đoạn A'B' ở tại chỗ, còn thể tích chất lỏng AA' dịch chuyển đến vị trí mới BB'. Do đó sự thay đổi động năng của tất cả đoạn AB sẽ bằng hiệu số động năng của thể tích BB' và AA'.

Ta có :

$$E_{KAA'} = \frac{mu_1^2}{2} = \frac{\rho d\omega_1 ds_1 u_1^2}{2}$$

$$E_{KBB'} = \frac{mu_2^2}{2} = \frac{\rho d\omega_2 ds_2 u_2^2}{2}$$

Thay $\rho = \gamma/g$, $ds_1 = u_1 dt$, $ds_2 = u_2 dt$ ta có :

$$E_{KAA'} = \frac{\gamma u_1^2 u_1 d\omega_1 dt}{2g} = \frac{\gamma u_1^2 dQ dt}{2g}$$

$$E_{KBB'} = \frac{\gamma u_2^2 u_2 d\omega_2 dt}{2g} = \frac{\gamma u_2^2 dQ dt}{2g}$$

Do đó sự thay đổi động năng sau thời gian dt của đoạn AB sẽ bằng :

$$\Delta E_K = E_{KBB'} - E_{KAA'} = \gamma dQ \left(\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} \right) dt \quad (3-27)$$

Công của các lực tác dụng lên khối chất lỏng AB gồm công của động áp lực và công của trọng lực.

Công của động áp lực là : $\Delta E_p = p_1 d\omega_1 ds_1 - p_2 d\omega_2 ds_2$

$$= (p_1 - p_2) dQ dt \quad (3-28)$$

Còn công của trọng lực, theo cách phân tích hiện tượng đã nói trên, bằng công của trọng lượng chất lỏng $\gamma dQ dt$ trong đoạn AA' đến BB' theo phương thẳng đứng từ Z_1 đến Z_2 :

$$\Delta E_g = \gamma dQ (Z_1 - Z_2) dt \quad (3-29)$$

Công của các lực khác vuông góc với trục chuyển động của ống dòng bằng 0. Vậy:

$$\Delta E_K = \Delta E_p + \Delta E_g \quad (3-30)$$

$$\gamma dQ \left(\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} \right) dt = (p_1 - p_2) dQ dt + \gamma dQ (Z_1 - Z_2) dt$$

rút gọn và sắp xếp lại:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}$$

Vì các mặt cắt I-I và II-II ta chọn tùy ý nên có thể viết:

$$Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = const \quad (3-31)$$

Phương trình (3-31) là phương trình Bernoulli cho dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng, chảy ổn định; xác định mối liên hệ giữa vận tốc, áp suất thủy động và độ cao hình học của chất điểm trong dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng.

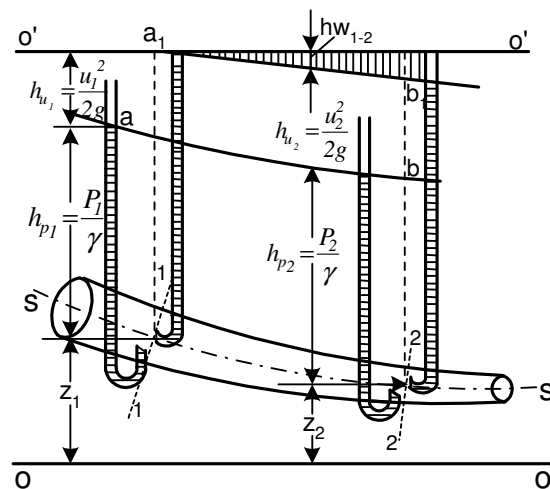
3.5.2. Ý nghĩa hình học và năng lượng của phương trình Bernoulli

a) Ý nghĩa thủy lực hay hình học

Để hiểu rõ ý nghĩa những thành phần của phương trình Bernoulli ta quan sát hình 3-11 vẽ dòng nguyên tố chất lỏng chuyển động. Tại trọng tâm mặt cắt 1-1 và 2-2 ở độ cao Z_1 và Z_2 trên mặt chuẩn $0-0$, ta đặt các ống Pito kép để xác định độ cao đo áp và độ cao vận tốc:

Ta có: Z - độ cao hình học;

$\frac{p}{\gamma}$ - độ cao đo áp;



Hình 3-11

$\frac{u^2}{2g}$ - độ cao vận tốc.

$Z, \frac{p}{\gamma}, \frac{u^2}{2g}$ đều có thứ nguyên là độ dài .

$Z + \frac{p}{\gamma} = H_t$ - cột áp tĩnh

$Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = H_d$ - cột áp thủy động

Trong dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chảy ổn định, cột áp thủy động là một hằng số :

$$H_d = Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = Const$$

b) Ý nghĩa năng lượng

Trong thủy tĩnh học ta đã xét ý nghĩa năng lượng của hai số hạng Z và $\frac{p}{\gamma}$

Z - Là vị năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng so với mặt chuẩn, gọi tắt là vị năng đơn vị hay tỷ vị năng.

$\frac{p}{\gamma}$ - Là áp năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng gọi tắt là áp năng đơn vị hay tỷ áp năng;

$Z + \frac{p}{\gamma}$ Là thế năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng gọi tắt là thế năng đơn vị hay tỷ thế năng ;

$\frac{u^2}{2g}$ Là động năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng gọi tắt là động năng đơn vị hay tỷ động năng ;

$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$ Là năng lượng toàn phần của một đơn vị trọng lượng chất lỏng gọi tắt là tỷ năng toàn phần.

Đường biểu diễn thế năng đơn vị ($z + \frac{p}{\gamma}$) của dòng chảy gọi là đường đo áp. (đường ab trong hình 3-11)

Đường biểu diễn năng lượng đơn vị ($Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$) của dòng chảy tức là cũng biểu diễn cột áp thủy động H_d gọi là đường năng (đường a₁b₁ hình 3-11)

3.6. PHƯƠNG TRÌNH BECNULI ĐỐI VỚI DÒNG CHẤT LỎNG THỰC

3.6.1. Phương trình Becnuli đối với dòng nguyên tố chất lỏng thực

Ta biết rằng chất lỏng thực có tính nhớt do đó gây ra sức cản trong khi chuyển động và do đó có tổn thất một phần năng lượng của dòng nguyên tố, vì vậy năng lượng của một đơn vị trọng lượng của chất lỏng thực giảm dần theo chiều dài dòng chảy, nghĩa là $E_1 > E_2$.

$$\text{hay :} \quad Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} > Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (3-32)$$

Gọi h'_{w1-2} là tổn thất năng lượng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng khi chất lỏng di chuyển từ 1-1 đến 2-2 thì :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h'_{w1-2} \quad (3-33)$$

Phương trình (3-33) là phương trình Becnuli viết cho dòng nguyên tố chất lỏng thực chuyển động ổn định .

Để đặc trưng cho điều kiện chảy của chất lỏng thực ta đưa ra những khái niệm về độ dốc hình học i , độ dốc đo áp I và độ dốc thủy lực J .

Độ dốc hình học là độ hạ thấp đáy dòng chảy trên một đơn vị chiều dài nghĩa là :

$$i = \frac{dZ}{dL} \approx \frac{Z_1 - Z_2}{L_{1-2}} = \sin \alpha \quad (3-34)$$

Trong đó α - Góc nghiêng của dòng chảy so với mặt phẳng nằm ngang.

Độ dốc đo áp là độ hạ thấp của đường đo áp trên một đơn vị chiều dài của dòng chảy:

$$I = \frac{d\left(Z + \frac{p}{\gamma}\right)}{dL} = \frac{\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right)}{L_{1-2}} \quad (3-35)$$

Độ dốc thủy lực là độ hạ thấp của đường năng trên một đơn vị chiều dài, hay nói cách khác là tổn thất năng lượng trên một đơn vị chiều dài dòng chảy :

$$J = \frac{dh_w}{dL} = \frac{\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g}\right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}\right)}{L_{1-2}} = \frac{h'_{w1-2}}{L_{1-2}} \quad (3-36)$$

**Nhận xét:*

Độ dốc đo áp có thể có trị số âm hay trị số dương tùy theo sự thay đổi áp suất trong dòng chảy. Còn độ dốc thủy lực bao giờ cũng có trị số dương vì tổn thất năng lượng h'_w luôn tăng dọc dòng chảy.

Độ dốc đo áp trong dòng chảy chất lỏng thực khác độ dốc đo áp trong dòng chảy chất lỏng lý tưởng.

Trong trường hợp chuyển động đều, đường đo áp và đường năng song song do đó $I = J$.

Trường hợp dòng chảy đều trong kênh hở: $i = I = J$.

3.6.2. Phương trình Becnuli đối với toàn dòng chất lỏng thực

Bây giờ ta mở rộng phương trình Becnuli đối với dòng nguyên tố chất lỏng thực ra toàn dòng chất lỏng bằng cách cộng năng lượng của các dòng nguyên tố tạo thành dòng chảy và cộng tổn thất của những dòng ấy.

Nếu biểu thị trọng lượng chất lỏng của dòng nguyên tố chảy trong một đơn vị thời gian γdQ và nhân với cả hai vế của (3-33) ta có biểu thức năng lượng của dòng nguyên tố trong mặt cắt 1-1 và 2-2:

$$\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} \right) \gamma dQ = \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \right) \gamma dQ + h'_{w1-2} \gamma dQ \quad (3-37)$$

Tích phân biểu thức trên theo mặt cắt toàn dòng chảy :

$$\int_{\omega_1} \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} \right) \gamma dQ = \int_{\omega_2} \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} \right) \gamma dQ + \int_{\omega_2} h'_{w1-2} \gamma dQ \quad (3-38)$$

Ta biết rằng áp suất thủy động trong dòng chảy đều và dòng biến đổi chậm phân bố theo qui luật thủy tĩnh $Z + \frac{p}{\gamma} = const$ trên một mặt cắt ướt.

Với điều kiện hạn chế trên ta viết được :

$$\begin{aligned} \int_{\omega_1} \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) \gamma dQ &= \gamma \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) \int_{\omega_1} dQ = \gamma Q \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) \\ \int_{\omega_2} \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) \gamma dQ &= \gamma \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) \int_{\omega_2} dQ = \gamma Q \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) \end{aligned} \quad (3-39)$$

Các tích phân này biểu thị thế năng của lưu lượng γQ .

Tích phân $\int_{\omega_3} h'_{w1-2} \gamma dQ$ biểu thị tổng số các tổn thất năng lượng đơn vị của tất cả các dòng nguyên tố trong toàn dòng chảy từ mặt cắt 1-1 đến mặt cắt 2-2. Nếu gọi h_{w1-2} là tổn thất năng lượng đơn vị trung bình trên đoạn dòng chảy đó, ta có :

$$\int_{\omega_3} h'_{w1-2} \gamma dQ = \gamma Q h_{w1-2} \quad (3-40)$$

Các tích phân có dạng $\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ$ biểu thị tổng số các động năng của các dòng nguyên tố, ký hiệu là E''_{dn} :

$$E_{dn}^u = \int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ = \frac{\gamma}{2g} \int_{\omega} u^2 dQ \quad (3-41)$$

Việc tính tích phân này phức tạp vì chưa biết qui luật phân bố vận tốc u trong mặt cắt toàn dòng chảy. Để đơn giản ta thay vận tốc u của các dòng nguyên tố bằng vận tốc trung bình v của toàn dòng chảy. Ta có :

$$E_{dn}^v = \frac{\gamma}{2g} \int_{\omega} v^2 dQ = \gamma Q \frac{v^2}{2g} \quad (3-42)$$

Vì sự phân bố của u khác sự phân bố của v nên $E_{dn}^u \neq E_{dn}^v$.

Để thay $\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ$ bằng $\int_{\omega} \frac{v^2}{2g} \gamma dQ$ ta đưa vào hệ số α là hệ số để hiệu chỉnh sự phân bố vận tốc không đều trong tính toán động năng (hệ số hiệu chỉnh động năng - hệ số Coriolis)

$$\alpha = \frac{E_{dn}^u}{E_{dn}^v} \quad (3-43)$$

$\alpha = 1,01 \div 2$ tùy theo chế độ chảy (tầng, rối) và hình dạng kích thước dòng chảy.

Thay (3-43) vào (3-42) ta có :

$$E_{dn}^u = \int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ = \alpha \frac{v^2}{2g} \gamma Q \quad (3-44)$$

Thay các trị số tính được ở (3-39), (3-40) và (3-44) vào (3-38) ta có :

$$\gamma Q \left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \gamma Q = \gamma Q \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \gamma Q + \gamma Q h_{w1-2}$$

Hay đơn giản cho γQ :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad (3-45)$$

Phương trình (3-45) là phương trình Becnuli cho toàn dòng chất lỏng thực. Nó được dùng rộng rãi để giải các bài toán trong thủy lực và thủy khí động lực học.

**Lưu ý* : Việc mở rộng phương trình Becnuli không phải đối với loại dòng chảy nào cũng làm được. Ở trên ta đã tiến hành mở rộng được trong điều kiện dòng chảy đều và biến đổi chậm.

Trong trường hợp chuyển động tương đối hoặc chuyển động không dừng (chảy không ổn định) thì trường hợp tổng quát phương trình Becnuli viết cho toàn dòng chất lỏng thực, ngoài các số hạng của phương trình đã nêu trên còn phải kể thêm thành phần tổn thất cột áp quán tính.

3.7. MỘT SỐ ỨNG DỤNG CỦA PHƯƠNG TRÌNH BECNULI

Phương trình Becnuli được ứng dụng rất rộng rãi trong nhiều ngành kỹ thuật để giải quyết nhiều vấn đề trong thực tiễn. Một số chương tiếp theo của giáo trình có thể coi là những ứng dụng của phương trình Becnuli như : dòng chảy qua lỗ, vòi, đập tràn, trong ống, trong kênh ; trong hệ thống cung cấp nước, máy bơm...

Dưới đây chỉ nêu một số ứng dụng cụ thể của phương trình Becnuli.

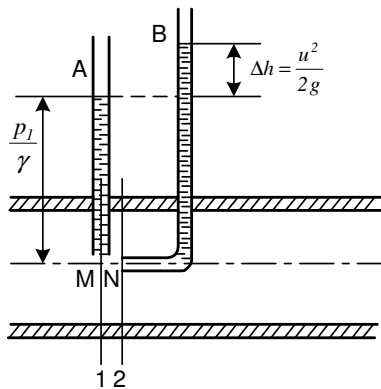
3.7.1. Dụng cụ đo vận tốc, ống Pito-Prandtl

Để đo vận tốc của một điểm trong dòng chảy ta cắm ống đo áp và ống Pito hình chữ L vào dòng chảy như hình vẽ (hình 3-12).

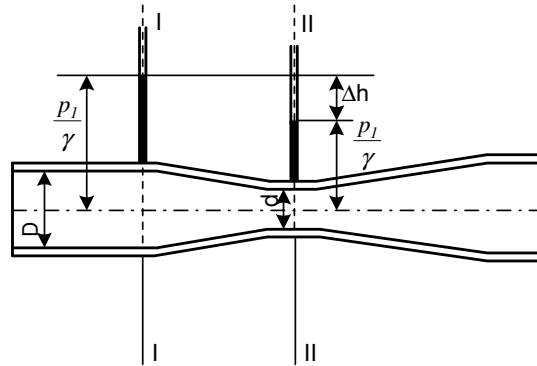
Ống đo áp cho giá trị $(Z + \frac{P}{\gamma})$ còn độ chênh $\Delta H = \frac{u^2}{2g}$

Suy ra $u = \sqrt{2g\Delta H}$

Kết hợp hai ống này được ống Pito-Prandtl (hay còn gọi là ống Pitokép)



Hình 3-12



Hình 3-13

3.7.2. Lưu lượng kế Venturi

Là một dụng cụ dùng để đo lưu lượng dòng chảy trong ống, gồm một đoạn ống hình côn thu hẹp và một đoạn ống hình côn mở rộng ghép với nhau bằng một đoạn ống ngắn hình trụ. Đặt hai ống đo áp, một ở đầu ống hình côn (mặt cắt 1-1) và một ở đoạn ống hình trụ (mặt cắt 2-2) (hình 3-13).

Viết phương trình Becnuli cho mặt cắt 1-1 và 2-2, mặt chuẩn trùng với trục ống, bỏ

qua h_w ta có :

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

ở đây hệ số động năng $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.

Theo phương trình liên tục của dòng chảy, có thể viết

$$v_2 = v_1 \frac{\omega_1}{\omega_2} = v_1 \frac{D^2}{d^2}$$

Thay vào phương trình trên :

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{v_1^2}{2g} \left(\frac{D^4}{d^4} - 1 \right)$$

hay

$$v_1 = \sqrt{\frac{d^4}{D^4 - d^4}} \cdot \sqrt{2g \frac{\Delta p}{\gamma}} = \sqrt{\frac{d^4}{D^4 - d^4}} \cdot \sqrt{2g \Delta h}$$

$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \Delta h$ là độ chênh của hai độ cao đo áp, lưu lượng chất lỏng đi qua lưu lượng kế bằng :

$$Q = v_1 \omega_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{d^4}{D^4 - d^4}} \cdot \sqrt{2g \Delta h} = K \sqrt{\Delta h} \quad (3-46)$$

Dựa vào công thức (3-46) muốn xác định lưu lượng chảy qua lưu lượng kế chỉ cần đo độ chênh Δh là tính ra lưu lượng .

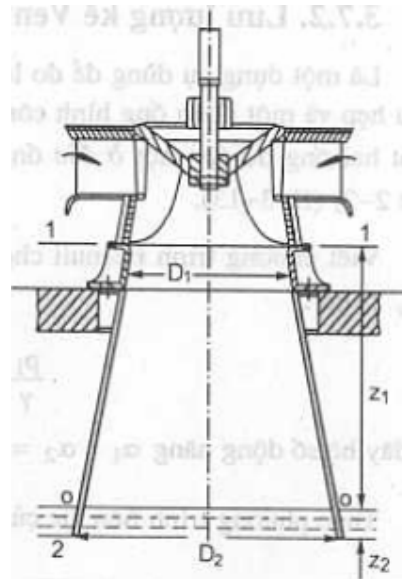
Đối với chất lỏng thực có tổn thất $h_{w1-2} = \zeta \frac{v_1^2}{2g}$, ζ là hệ số tổn thất cục bộ khi đó:

$$Q = K_1 \sqrt{\Delta h}$$

Ở đây $K_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gd^4}{\alpha_2 D^4 - \alpha_1 d^4 + \zeta d^4}}$.

3.7.3. Ống xả của tuabin thủy lực (hình 3-14)

Trong các nhà máy thủy điện bên dưới tua bin thủy lực có một buồng xả nhằm tác dụng nâng cao hiệu suất của tua bin . Mặt cắt 1-1 là mặt cắt ra của tua bin, đặt cao hơn mặt nước của kênh tháo 1 đoạn Z_1 (để tránh lụt chằng hạn). Vận tốc nước ra khỏi tuabin là v_1 . Nếu ta để mặt cắt ra của tuabin thông với không khí thì áp suất tại 1-1 là áp suất khí quyển p_a , ta sẽ không tận dụng được hết động năng $\frac{v_1^2}{2g}$ và thế năng Z_1 của dòng chảy.



Hình 3-14

Nếu tại mặt cắt ra của tuabin có lắp một ống hút loe dần trong đó vận tốc được giảm dần đến không tại mặt cắt 2-2. Viết phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt (1-1) và (2-2), mặt chuẩn (0-0) ta có :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = -Z_2 + \frac{p_2}{\gamma}$$

ở đây : $v_2 \approx 0, h_{wt-2} \approx 0, \alpha_l = 1$

Rút ra
$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma} - Z_1 - Z_1 - \frac{v_1^2}{2g}$$

Mặt khác
$$p_2 = p_a + \gamma Z_2$$

Do đó :
$$\frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - Z_1 - \frac{v_1^2}{2g}$$

Rõ ràng p_1 bé hơn áp suất khí quyển p_a , vì vậy trong ống xả xuất hiện áp suất chân không có tác dụng hút nước trong tuabin ra. Như vậy, nhờ ống xả, áp suất tại mặt cắt ra của tuabin giảm bớt một lượng tương đương $Z_1 + \frac{v_1^2}{2g}$ so với khi chưa lắp ống. Cột

nước trên tuốc bin đáng lẽ mất một phần năng lượng $(Z_1 + \frac{v_1^2}{2g})$, nhưng nhờ ống xả nên thu lại được năng lượng đó để cung cấp thêm cho tua bin.

**Tóm lại*, các bước áp dụng phương trình Bernoulli như sau :

- Chọn mặt cắt cho phù hợp điều kiện lập phương trình nói trên và tạo điều kiện để dễ dàng giải bài toán, như qua những mặt cắt, qua những điểm tại đó có một số yếu tố cần thiết hoặc cần tìm.

- Chọn điểm viết phương trình sao cho viết phương trình được đơn giản giảm bớt các ẩn số không cần thiết.

- Chọn mặt chuẩn cũng chú ý làm đơn giản phương trình, nên tránh những trị số âm cho các độ cao hình học Z và cho $Z + \frac{p}{\gamma}$.

- Lưu lượng qua các mặt cắt không đổi $Q = \omega v = const$.

- Áp suất có thể là tuyệt đối, dư, nhưng phải thống nhất cho 2 vế, nếu lấy áp suất dư thì tại mặt cắt nào đó có áp suất chân không phải đổi dấu.

CHƯƠNG IV

CHUYỂN ĐỘNG MỘT CHIỀU CỦA CHẤT LỎNG KHÔNG NÉN ĐƯỢC

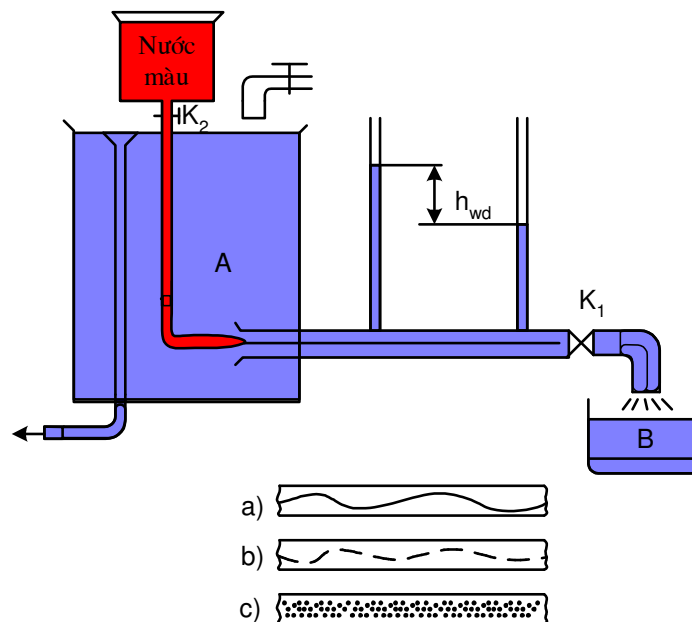
4.1. TỔN THẤT NĂNG LƯỢNG TRONG DÒNG CHẢY

4.1.1. Hai trạng thái chảy của chất lỏng

Năm 1883 O.Reynolds bằng thực nghiệm đã phát hiện ra sự tồn tại hai trạng thái chảy khác biệt nhau của chất lỏng và chứng minh rằng chúng có liên quan mật thiết với tổn thất năng lượng của nó.

Thí nghiệm của Reynolds gồm có một bình nước lớn A, một bình nước màu C, một ống thủy tinh trong suốt (hình 4-1). Điều chỉnh khoá để nước màu đỏ chảy thành một sợi chỉ đỏ căng xuyên suốt ống thủy tinh, nghĩa là các lớp chất lỏng chảy thành tầng riêng rẽ, đó là trạng thái chảy tầng(hình 5-1a)

Tăng vận tốc dòng chảy, đầu tiên sợi chỉ nước màu đỏ bị đứt đoạn (hình 5-1b)-chảy quá độ, sau đó chúng hoà trộn hỗn loạn vào nhau (hình 5-1c), đó là trạng thái chảy rối.



Hình 4-1

Làm thí nghiệm ngược lại, giảm dần vận tốc dòng chảy thì trạng thái chảy của chất lỏng biến đổi theo chiều ngược lại : từ chảy rối sang chảy tầng.

Qua thí nghiệm với nhiều ống có đường kính khác nhau và với nhiều loại chất lỏng, người ta nhận thấy trạng thái dòng chảy phụ thuộc vào vận tốc V , độ nhớt ν và đường kính ống d . Reynolds đã tìm ra tổ hợp 3 đại lượng ấy là một số không thứ nguyên, mang tên ông - số Reynolds :

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (4-1)$$

Vận tốc chuyển từ trạng thái chảy tầng sang chảy rối là vận tốc phân giới trên (v_{pgt}), tương ứng có số Reynolds phân giới trên (Re_{pgt}).

Vận tốc chuyển từ trạng thái chảy rối sang chảy tầng là vận tốc phân giới dưới (v_{pgd}), tương ứng có số Reynolds phân giới dưới (Re_{pgd})

Khi dòng chảy có : $Re < Re_{pgd}$ thì trạng thái của nó là chảy tầng ;

$Re > Re_{pgt}$ thì trạng thái của nó là chảy rối ;

$Re_{pgd} < Re < Re_{pgt}$ thì trạng thái của nó có thể là tầng hoặc rối, nhưng thường là chảy rối, vì ứng với giai đoạn trung gian này trạng thái chảy tầng rất không ổn định.

Qua nhiều thí nghiệm thấy rằng Re_{pgt} không có một trị số xác định (dao động từ 12000 đến 50000). Còn Re_{pgd} đối với mọi loại chất lỏng và đường kính khác nhau đều có một giá trị không đổi (2320).

Do đó $Re_{pgd} = 2320$ được dùng làm tiêu chuẩn xác định trạng thái chảy.

vậy $Re < 2320$ - Trạng thái chảy tầng ;

$Re > 2320$ - Trạng thái chảy rối.

4.1.2. Quy luật tổn thất năng lượng trong dòng chảy

Khi chất lỏng thực chảy có tổn thất năng lượng do lực cản chuyển động. Căn cứ vào nguyên nhân phát sinh tổn thất năng lượng trong dòng chảy, người ta chia ra :

- Tổn thất dọc đường (h_{wd}) ;

- Tổn thất cục bộ (h_{wc}).

a) Tổn thất dọc đường

Tổn thất năng lượng dọc đường là do lực cản tác dụng lên chất lỏng chảy do lực ma sát trong của chất lỏng gây nên, hay do lực cản theo chiều dài của bề mặt bao quanh dòng chảy (bề mặt ống dẫn, bề mặt đáy và sườn kênh...)

Bằng thực nghiệm người ta đã đưa ra qui luật phân bố tổn thất năng lượng dọc đường trong dòng chảy :

- Khu vực chảy tầng : $h_{wd} = k_1 v$

- Khu vực chảy rối : $h_{wd} = k_2 v^2$

Trong đó : k_1, k_2 - hệ số tỷ lệ ; v - vận tốc dòng chảy.

Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến tổn thất dọc đường, Darcy đã thiết lập công thức chung xác định tổn thất năng lượng dọc đường vào năm 1856, gọi là công thức Darcy :

$$h_{wd} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (4-2)$$

Trong đó : l - chiều dài, d - đường kính ống, v - vận tốc trung bình, λ - hệ số ma sát ; g - gia tốc trọng trường.

Việc tính λ khá phức tạp, có nhiều công thức bán thực nghiệm hoặc dùng đồ thị Nicuratzte.

Ở đây ta có thể sử dụng công thức xác định λ trong hai trường hợp cụ thể :

- Chảy tầng $\lambda = \frac{64}{Re}$

- Chảy rối $\lambda = \frac{8g}{C}$

Trong đó : C - hệ số phụ thuộc hệ số nhám n và bán kính thủy lực R .

C phần lớn được xác định bằng công thức thực nghiệm (xem phụ lục 2,3,4)

b) Tổn thất cục bộ

Sức cản cục bộ sinh ra khi thay đổi đột ngột mặt cắt, hay hình dạng dòng chảy (trị số, phương, chiều của vận tốc). Ở chỗ có sức cản cục bộ có thể quan sát thấy hiện tượng va đập và chảy xoáy. Sự tương tác giữa dòng chảy và các chất điểm chảy xoáy. Đó là nguyên nhân phát sinh ra tổn thất năng lượng cục bộ.

Nhiều thực nghiệm đã chứng minh rằng tổn thất cục bộ cũng tuân theo các qui luật phân bố như đối với tổn thất dọc đường .

Thường dùng công thức Weisbach để tính tổn thất cục bộ :

$$h_{wc} = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (4-3)$$

Trong đó : v - vận tốc trung bình dòng chảy thường lấy ở sau chỗ có sức cản cục bộ.

ζ - hệ số tổn thất cục bộ thường được xác định bằng thực nghiệm (xem phụ lục 1).

Thực nghiệm cho biết tổn thất cục bộ khi chảy rối tỷ lệ với bình phương của vận tốc, lúc đó hệ số ζ không phụ thuộc vào số Re ; khi chảy tầng ζ phụ thuộc vào số Re . Mức độ phụ thuộc ấy tùy theo mức độ dòng chảy tầng bị phá hoại khi có sức cản cục bộ.

có thể sử dụng công thức Antosul để tính ζ trong dòng chảy tầng :

$$\zeta = \frac{A}{\text{Re}} + \zeta_r \quad (4-4)$$

Trong đó : ζ_r - hệ số tổn thất cục bộ trong khu vực bình phương sức cản.

Giá trị của A và ζ_r cho trong bảng 4 - 1.

Bảng 4-1

Loại vật cản	A	ζ_r
Khoá hình nêm	150	0,40
Van thông dụng	3000	4,00
Van nghiêng	900	2,50
Van bi	5000	4,50
Ống ngoặt 90°	400	1,40
Chạc ba	150	0,30

Trong trường hợp tổng quát, tổn thất năng lượng giữa hai mặt cắt 1-1 và 2-2 của đường ống là bằng tổng số các tổn thất dọc đường và tổng số các tổn thất cục bộ :

$$h_{w1-2} = \sum_{i=1}^K h_{wd} + \sum_{i=1}^n h_{wc}$$

$$\text{hay } h_{w1-2} = \sum \frac{\lambda l_i v_i^2}{d_i 2g} + \sum_{i=1}^n \zeta_i \frac{v_i^2}{2g}$$

4.2. DÒNG CHẢY TẦNG TRONG ỐNG - DÒNG HAGEN - POADƠI

4.2.1. Phương trình vi phân của chất lỏng chuyển động

Xét chuyển động một chiều ($u \neq 0$) trong ống nằm ngang do độ chênh áp ($p_1 > p_2$) của chất lỏng chuyển động dừng ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$), bỏ qua lực khối ($\vec{F} = 0$). Với những điều

kiện đó xuất phát từ phương trình liên tục : $\text{div } \vec{u} = 0$ và phương trình Navier Stokes :

$$-\frac{1}{\rho} \text{grad} p + \nu \Delta \vec{u} = \frac{d \vec{u}}{dt}$$

suy ra

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = 0$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx} = C = \text{const} \quad (4-5)$$

ở đây cho hai vế bằng const, vì vế trái phụ thuộc vào y, z ; còn vế phải không phụ thuộc vào chúng.

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{\Delta p}{l} = -\frac{\gamma h_w}{l} = -\gamma J \quad (4-6)$$

J - độ dốc thủy lực

Để dễ tích phân (4-5), ta đưa về hệ tọa độ trụ với giả thiết dòng chảy đối xứng trục :

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right) = -\frac{1}{\mu} \frac{\Delta p}{l} \quad (4-7)$$

với điều kiện biên $r = 0$: u hữu hạn

$$r = R_o : u = 0$$

phương trình (4-7) biểu diễn mối quan hệ về sự biến thiên vận tốc và áp suất thủy động của dòng chảy tầng trong ống.

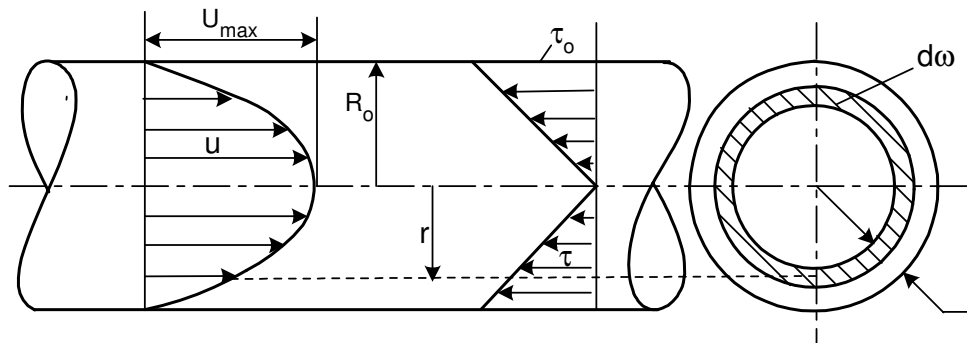
4.2.2. Phân bố vận tốc

Tích phân (4-7) với các điều kiện biên ta sẽ tìm được sự phân bố vận tốc có dạng Parabol (hình 4-4)

$$u = \frac{\Delta p}{4\mu l} (R_o^2 - r^2) \quad (4-8)$$

vận tốc max tại trục ống :

$$u_{\max} = \frac{\Delta p}{4\mu l} R_o^2$$



Hình 4-3

Ta tính được lưu lượng :

$$Q = \int_0^{R_o} dQ = \int_0^{R_o} 2\pi r dr = \frac{\pi}{2} R_o^2 u_{\max}$$

vận tốc trung bình :
$$V = \frac{Q}{\omega} = \frac{u_{\max}}{2}$$

Độ chênh áp :
$$\Delta p = \frac{8\mu l v}{R_o^2} = \frac{8\mu l Q}{\pi R_o^4} \quad (4-9)$$

Đó là định luật Hagen-Poadoi, được ứng dụng để tính độ nhớt.

Hệ số hiệu chỉnh động năng :

$$\alpha = \frac{\int u^3 d\omega}{v^3 Q} = 2$$

Phân bố ứng suất tiếp trong dòng chảy

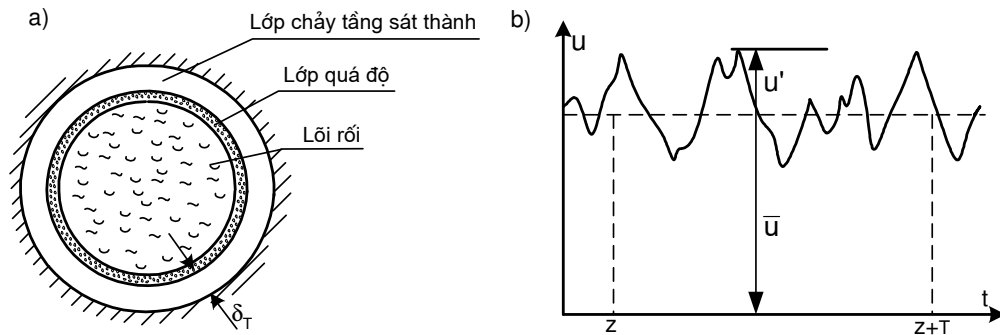
$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \frac{\Delta p}{l} \frac{r}{2} = \tau_o \frac{r}{R} \quad (4-10)$$

Trong đó
$$\tau_o(r = R_o) = \frac{\Delta p R_o}{l} \frac{1}{2} = \gamma J R$$

R- Bán kính thủy lực .

4.3. DÒNG CHẢY RỐI TRONG ỐNG

4.3.1. Cấu trúc dòng chảy rối trong ống



Hình 4-2

Thực nghiệm chứng tỏ dòng chảy rối trong ống gồm 2 phần chính (hình 4-2a) : lõi rối và lớp chảy tầng sát thành có chiều dày δ_r :

$$\delta_r = \frac{30d}{Re\sqrt{\lambda}}$$

Trong lõi rối, vận tốc điểm thay đổi về trị số và cả hướng theo thời gian. Nếu xét trong một khoảng thời gian tương đối dài T , thì thấy u dao động xung quanh một trị số không đổi \bar{u} (hình 4-2b) gọi là vận tốc trung bình thời gian \bar{u} :

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^{t_0} u dt$$

Lúc đó vận tốc tức thời $u = \bar{u} + u'$, u' - vận tốc mạch dòng.

Tương tự có : $p = \bar{p} + p'$; $\rho = \bar{\rho} + \rho'$

4.3.2. Phân bố vận tốc trong ống

Ở trạng thái chảy tầng, theo Newton $\tau = \mu \frac{d\bar{u}}{dy}$.

Ở trạng thái chảy rối, người ta đưa vào hệ số nhớt bổ xung $\tau_t = (\varepsilon + \mu) \frac{d\bar{u}}{dy}$

nhưng $\varepsilon \gg \mu$ nên $\tau_t = \tau = \varepsilon \frac{d\bar{u}}{dy}$

Theo Prandtl : $\varepsilon = \rho l^2 \frac{d\bar{u}}{dy}$

Trong đó : $l = Ky$ - Chiều dài xáo trộn, đặc trưng cho sự chuyển động theo phương ngang của các phần tử chất lỏng ; $K = 0,4$;

$\frac{d\bar{u}}{dy}$ - Gradient vận tốc trung bình thời gian

Do đó $\tau = \varepsilon \frac{d\bar{u}}{dy} = \rho l^2 \left(\frac{d\bar{u}}{dy} \right)^2$

$$\frac{d\bar{u}}{dy} = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \cdot \frac{1}{l} = u^* \frac{1}{l} \quad \text{với } u^* \equiv \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \quad \text{vận tốc động lực}$$

$$d\bar{u} = \frac{u^*}{l} dy = \frac{u^* dy}{Ky}$$

$$\bar{u} = \frac{u^*}{K} \ln y + C \quad \text{Tại trục ống } y = r, \bar{u} = u_{\max}$$

$$\rightarrow C = u_{\max} - \frac{u^*}{K} \ln Y = u_{\max} - \frac{u^*}{K} \ln r$$

Vậy : $\bar{u} = u_{\max} - \frac{u^*}{K} \ln \frac{r}{y}$ nghĩa là vận tốc biến thiên theo qui luật Logarit

còn vận tốc trung bình $v = \frac{Q}{\omega} = 0,825 u_{\max}$

4.4. DÒNG CHẢY TẦNG CÓ ÁP TRONG CÁC KHE HẸP

Trong kỹ thuật, giữa các chi tiết máy có những khe hở nên có sự rò rỉ của chất lỏng (xăng, dầu...) do chất lỏng làm việc dưới áp suất cao. Nên cần tính toán độ khít cần thiết của những khe hở đó, hạn chế lưu lượng rò rỉ,...

4.4.1. Dòng chảy giữa hai tấm phẳng song song

Với những điều kiện như dòng chảy tầng trong ống (mục 4.2) và do khe hẹp nên

$u = u(y)$; (hình 4-4).

Phương trình vi phân chuyển động có dạng :

$$\frac{d^2 u}{dy^2} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dx}$$

với điều kiện biên : tại $y = 0$ và $y = h$: $u = 0$

Sau khi tích phân ta sẽ được phân bố vận tốc có dạng Parabol

$$u = -\frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} y(h-y)$$

vận tốc max (tại $y = h/2$) : $u_{\max} = \frac{1}{8\mu} \frac{dp}{dx} h^2$

$$\text{Lưu lượng} \quad Q = \int_0^h b u dy = -\frac{b}{12\mu} \frac{dp}{dx} h^3 = \frac{1}{12\mu} \frac{\Delta p}{l} h^3 b \quad (4-11)$$

$$\text{Vận tốc trung bình : } v = \frac{Q}{bh} = \frac{2}{3} u_{\max}$$

ở đây : b - bề rộng tấm phẳng ;

l - chiều dài của khe

4.2.2. Dòng chảy dọc trục giữa hai trụ tròn

a) Mặt trụ đồng tâm

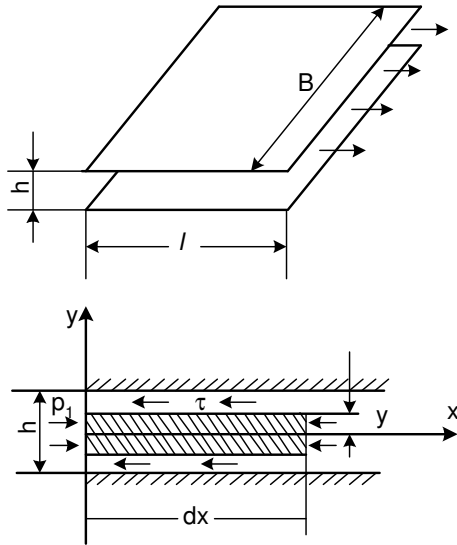
Ký hiệu D_n - Đường kính ngoài, D_t - Đường kính trong

$$D = \frac{D_n + D_t}{2} \quad \text{- Đường kính trung bình.}$$

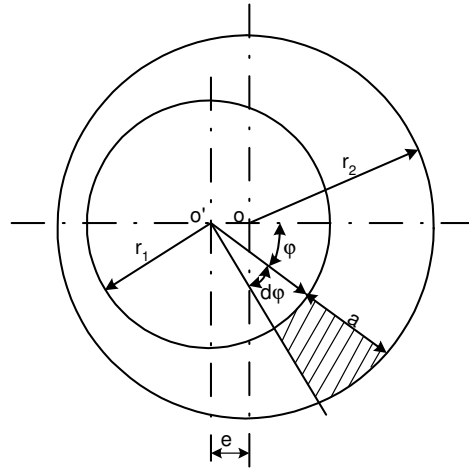
$$\delta = \frac{D_n - D_t}{2} \quad \text{- Chiều dày của khe.}$$

Xét $\delta \ll D/2$, l - Chiều dài của đoạn dòng chảy cần xét, áp dụng (4-11) tính lưu lượng thay $b = \pi D$; $h = \delta$ ta có :

$$Q \equiv Q_1 = \frac{\pi D \delta^2}{12\mu} \cdot \frac{\Delta p}{l}$$



Hình 4-4



Hình 4-5

b) Mặt trụ lệch tâm (hình 4-5)

Gọi δ - Chiều dày của khe hở khi mặt trụ đồng tâm ;

e - Độ lệch tâm

φ - Góc của một bán kính véc tơ với đường qua tâm hai mặt trụ (toạ độ cực 0 là tâm)

$a(\varphi)$ - Khe hở theo bán kính véc tơ ứng với φ

Xét $a \ll D$ nên

$$a = \frac{D_n}{2} - \frac{D_t}{2} + e \cos \varphi = \delta \left(1 + \frac{e}{\delta} \cos \varphi \right)$$

Áp dụng (4-11) cho phân tử hình thang vuông :

$$b = \frac{D}{2} d\varphi \quad ; \quad \delta = a$$

$$dQ = \frac{\Delta p}{12\mu l} \frac{D}{2} \delta^3 \left(1 + \frac{e}{\delta} \cos \varphi \right)^3 d\varphi$$

$$Q \equiv Q_2 = \int_0^{2\pi} dQ = \frac{\pi D \Delta p}{12\mu l} \delta^3 \left(1 + \frac{3}{2} \frac{e^2}{\delta^2} \right) = Q_1 \left(1 + \frac{3}{2} \frac{e^2}{\delta^2} \right) \quad (4-12)$$

Vậy $Q_2 > Q_1$ và $Q_2 = 2,5Q_1$ khi độ lệch tâm lớn nhất ($e = \delta$)

Ở đây có thể xét thêm bài toán lọc dầu, tức là dòng chảy tầng theo phương bán kính trong khi hẹp phẳng.

4.5. DÒNG CHẢY TRONG KHE HẸP DO MA SÁT - CƠ SỞ CỦA LÝ THUYẾT BÔI TRƠN THỦY ĐỘNG

Trong thực tiễn kỹ thuật ta gặp rất nhiều chuyển động do ma sát trong khe hẹp như chất lỏng chuyển động giữa Pittông và xi lanh, giữa con trượt và bàn trượt, giữa trục và ổ trục... Cần phải tính lực ma sát và mô men cản.

4.5.1. Dòng chảy giữa hai mặt phẳng song song - Bài toán Cu-et

Dòng chảy do ma sát (do tấm phẳng trên chuyển động với vận tốc u_1 - hình 4-6) và do độ chênh áp $\frac{dp}{dx} \neq 0$. Lúc đó phương trình vi phân chuyển động giống như mục 4.4.1. nhưng điều kiện biên khác khi $y = h$; $u = U_1$; nên

$$u = \frac{U_1}{h}y - \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} y(h-y) \quad (4-13)$$

$$\text{và} \quad Q = \int_0^h u dy = \frac{U_1 h}{2} - \frac{1}{12\mu} \frac{dp}{dx} h^3 \quad (4-14)$$

Khi không có độ chênh áp ($\frac{dp}{dx} = 0$):

$$u = U_1 \frac{y}{h}$$

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{U_1}{h}$$

Lực cản $T = \tau.S = \mu \frac{U_1}{h} S$; S - diện tích tấm phẳng.

4.5.2. Bôi trơn hình nêm

Khi một tấm phẳng nghiêng đi một góc nhỏ α , ta có hình nêm (hình 4-7). Lúc này, ngoài lực cản F còn có lực nâng P , nghĩa là cần tìm sự phân bố ứng suất tiếp và phân bố áp suất. Tương tự như bài toán Cu-et (4.5.1) ta tính được lưu lượng qua mặt cắt chiều cao h theo (4-13)

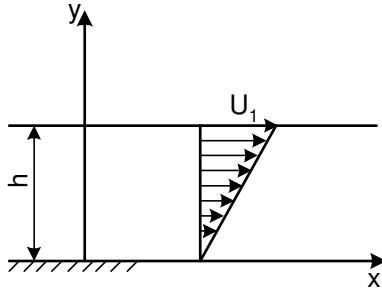
$$Q = \frac{U_1 h}{2} - \frac{1}{12\mu} \frac{dp}{dx} h^3$$

$$\text{với } h = h(x) = (a - x) \operatorname{tg} \alpha \approx (a - x) \alpha \quad (4-15)$$

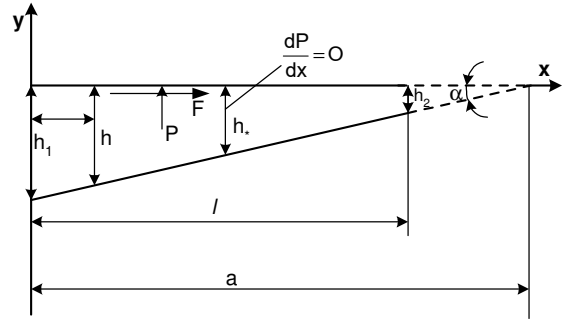
Giả sử tương ứng với mặt cắt chiều cao h có áp suất cực đại, nghĩa là :

$$\frac{dp}{dx} = 0$$

$$Q = \frac{U_1 h}{2}$$



Hình 4-6



Hình 4-7.

Thay vào (4-14), ta tính được $\frac{dp}{dx}$

$$\begin{aligned} \frac{U_1 h^*}{2} &= \frac{U_1 h}{2} - \frac{1}{12\mu} \frac{dp}{dx} h^3 \\ \rightarrow \frac{dp}{dx} &= \frac{6\mu U_1 (h - h^*)}{h^3} = 6\mu U_1 \left(\frac{1}{h^2} - \frac{2Q}{U_1 h^3} \right) \end{aligned}$$

Khi $x = 0$ và $x = l$: $p = p_a$

Thay h bằng (4-15) và lấy $\int_0^x dx$, ta được

$$p = p_a + \frac{6\mu U_1 x}{\alpha^2 a(a-x)} \left[1 - \frac{Q}{\alpha U_1} \frac{2a-x}{a(a-x)} \right]$$

Suy ra áp lực tác dụng lên bản phẳng :

$$P = \int_0^l (p - p_a) dx = C_p \frac{\mu U_1 l^2}{h_2^2}$$

$$C_p = \frac{6}{(\eta - 1)^2} \left[\lg \eta - 2 \frac{\eta - 1}{\eta + 1} \right] \quad \text{Hệ số nâng, } \eta = \frac{h_1}{h_2}$$

Để tính lực cản F , ta phải tính ứng suất tiếp $\tau = \mu \frac{du}{dy}$, u lấy từ phân bố vận tốc chuyển động Cu-et (4-13). Từ đó thay $y = h(x)$, ta có $\tau = \tau_\eta$. Lực cản tính theo một đơn vị bề rộng đối với bản phẳng chuyển động là :

$$F = \int \tau_h dx = C_f \frac{\mu U_1 l}{h_2}$$

$$C_f = \frac{2}{\eta - 1} \left[2 \lg \eta - 3 \frac{\eta - 1}{\eta + 1} \right] \text{ - hệ số cản}$$

Hệ số ma sát :

$$f = \frac{F}{P} = \frac{C_f}{C_p} \frac{h_2}{l}$$

4.5.3. Bôi trơn ổ trục

Tính lực ma sát và mô men của nó giữa trục và lớp dầu bôi trơn theo Pe to Rốp (hình 4-8). Gọi r - bán kính trục; l - chiều dài trục; lớp dầu dày δ . Khi trục quay với vận tốc $U = r\Omega$ thì chất điểm dầu bám trên mặt trục cũng chuyển động với vận tốc đó, còn trên ổ trục bằng 0.

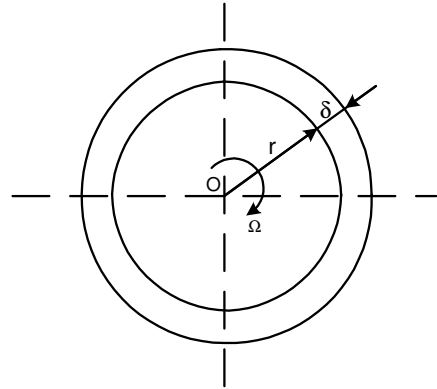
Ứng suất tiếp của lớp dầu $\tau = \mu \frac{du}{dr}$

Diện tích tiếp xúc giữa lớp dầu và mặt trục
 $S = 2\pi r l$

Lực ma sát : $T = \tau \cdot S = 2\pi r l \mu \frac{du}{dr} = 2\pi r l \mu \frac{u}{\delta}$

Mô men lực ma sát :

$$M = T \cdot r = 2\pi r l \mu \frac{\pi r}{30\delta} = \frac{\mu \pi^2 r^3 n l}{15\delta}$$



Hình 4-8.

vì $u = r\Omega$, $\Omega = \frac{\pi n}{30}$

Do lệch tâm khi quay trục, nên phải nhân các kết quả trên với hệ số hiệu chỉnh

$$\beta = \frac{2(1 + 2C^2)}{(2 + C^2)\sqrt{1 - C^2}} ; \quad C = \frac{e}{\delta}$$

Có thể tham khảo thêm tài liệu (1,3,6).

CHƯƠNG V

TÍNH TOÁN THUYẾT LỰC ĐƯỜNG ỐNG CÓ ÁP

Trong kỹ thuật và trong thực tiễn sản xuất ta gặp nhiều trường hợp các loại chất lỏng chảy trong các đường ống có áp khác nhau với các nhiệm vụ khác nhau (Như ống dẫn nước trong hệ thống cung cấp nước, ống dẫn nhiên liệu, dẫn hoá chất trong các thiết bị máy móc, hệ thống truyền động, truyền lực....)

Mục đích tính toán thuyết lực đường ống là thiết kế hệ thống đường ống mới hoặc kiểm tra để sửa chữa, điều chỉnh hệ thống sẵn có cho phù hợp với yêu cầu cụ thể là xác định một trong các thông số: Lưu lượng Q ; Cột áp H tại đầu hoặc cuối đường ống, đường kính d hoặc cả d và H .

5.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐỂ TÍNH TOÁN ĐƯỜNG ỐNG

5.1.1. Phân loại

Dựa vào đặc điểm tổn thất năng lượng trong đường ống h_w , chia đường ống thành 2 loại:

- Đường ống ngắn: Là đường ống có chiều dài không đáng kể, tổn thất năng lượng cục bộ là chủ yếu ($h_{wc} > 0,1 h_w$). Ví dụ ống hút bơm ly tâm, đường ống dẫn nhiên liệu, dẫn dầu bôi trơn trên các động cơ...
- Đường ống dài: Là đường ống có chiều dài lớn; tổn thất năng lượng dọc đường là chủ yếu ($h_{wc} < 0,1 h_w$). Ví dụ các đường ống trong hệ thống cung cấp nước, dẫn nhiên liệu từ bể chứa tới các điểm phân phối...

Căn cứ vào điều kiện thuyết lực và cấu trúc đường ống, chia ra:

- Đường ống đơn giản là đường ống có đường kính d hoặc lưu lượng Q không đổi dọc theo chiều dài đường ống (Hình 6 - 1a)
- Đường ống phức tạp: d và Q thay đổi, nghĩa là gồm nhiều đường ống đơn giản ghép nối lại như đường ống có mạch rẽ (Hình 6 - 1c), đường ống chia nhánh song song (Hình 6 - 1b), đường ống có mạch vòng kín (Hình 6-1 d)...

5.1.2. Những công thức dùng trong tính toán thuyết lực đường ống

- Phương trình Bernoulli đối với chất lỏng thực (h_w tổn thất cột áp = tổn thất năng lượng đơn vị).

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$

Hay $H_1 = H_2 + h_w$

Trong đó: $H_1 = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ - Cột áp đầu ống

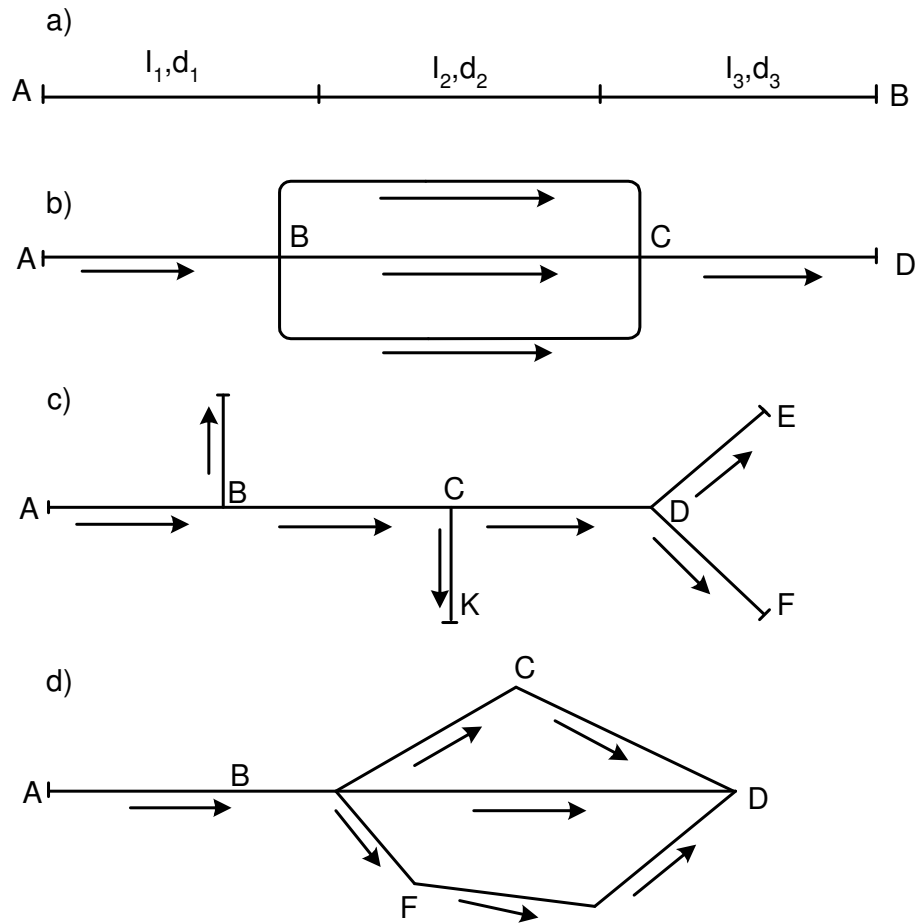
$H_2 = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ - Cột áp cuối ống

- Phương trình lưu lượng: $Q = v \omega$

- Công thức tính h_w :

$$h_{wd} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} ; \quad h_{wc} = \zeta \frac{v^2}{2g} ;$$

Dựa vào các phương trình trên suy ra công thức chung : $f(H_1, H_2, d, Q, l) = 0$



Hình 5-1

5.2. TÍNH TOÁN THUYẾT LỰC ĐƯỜNG ỐNG ĐƠN GIẢN

5.2.1. Tính H_1 khi biết H_2, Q, l, d, n (độ nhám tương đối)

Từ phương trình Becnuli

$$H = H_1 - H_2 = h_w \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g d^4}$$

Suy ra
$$H_1 = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g d^4} + H_2 \quad (5 - 1)$$

Công thức (5-1) dùng khi cần tính độ cao tháp nước hoặc cột áp đầu một đoạn ống.

5.2.2. Tính Q , biết H_1, H_2, l, d, n

Từ (5 - 1) ta rút ra:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_1 - H_2) \pi^2 d^4 g}{8 \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right)}} \quad (5 - 2)$$

Dựa vào công thức (5 - 2) ta thấy dù đã biết H_1, H_2, l, d, n nhưng chưa xác định $\lambda = f(R_e)$. Bài toán phải giải theo phương pháp thử dần để chọn đúng λ từ đó giá trị Q cũng là đúng.

5.2.3. Tính d , biết l, H_1, H_2, Q, n

a) Phương pháp thử dần :

Từ (5-1) :

$$H_1 - H_2 = h + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g d^4}$$

Ta giả thiết các giá trị khác nhau của d , từ đó xác định $\lambda, \sum \zeta$ rồi thay vào vế phải của phương trình trên. Nếu giá trị vế phải $f(d_i) = h + \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$ thì d_i chính là đường

kính ống cần tìm.

b) Phương pháp đồ thị :

Từ (5 -1) suy ra;

$$d^4 = \frac{8}{\pi^2 g H} \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) Q^2$$

và đặt:

$$y_1 = d^4$$

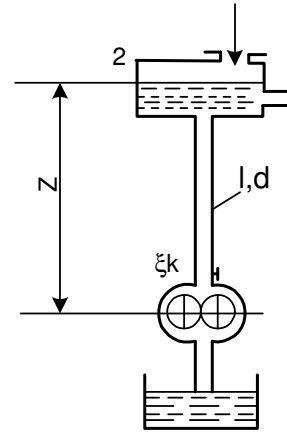
$$y_2 = f(d) = \frac{8}{\pi^2 g H} \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) Q^2$$

Biểu diễn hai hàm số này trên cùng một đồ thị; Giao điểm của hai đường cong chiếu xuống trục d cho giá trị d cần tìm.

5.2.4. Tính d , H_1 , biết H_2 , Q , l , n

Trường hợp này trước hết xác định d theo vận tốc cho phép (Vận tốc kinh tế) để đảm bảo lưu lượng Q sau đó tính H_1 như bài toán 1

*Ví dụ : Bơm bánh răng phải đây dầu với lưu lượng $Q = 0,2l/s$ vào trong bình chứa (thông với khí quyển) (hình 5-2). Xác định áp suất đẩy cần thiết của bơm nếu biết : đường kính ống đẩy $d = 2cm$, chiều dài của nó $l = 1m$, $\zeta_K = 4$. Khoảng cách từ mặt thoáng bình đến trục bơm $z=1,4m$. Độ nhớt của dầu $\nu=0,2cm^2/s$, trọng lượng riêng của dầu $\gamma = 8450N/m^3$.



Hình 5-2

Giải : Xác định trạng thái chảy của dầu :

$$Re = \frac{4Q}{\pi d v} = \frac{4 \cdot 0,2 \cdot 10^3}{\pi \cdot 2 \cdot 0,2} \cong 637 < 2320 \rightarrow \text{chảy tầng.}$$

Bỏ qua $\frac{v^2}{2g}$ vì v bé :

$$H_1 - H_2 = \frac{8}{\pi^2 g} \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{Q^2}{d^4}$$

và nếu lấy mặt chuẩn qua tâm bơm thì ta có :

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} - Z = \left(\zeta_K + \zeta_{dm} + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g d^4}$$

Trong đó : p_1 , p_2 - áp suất của bơm và áp suất tại mặt thoáng trong bình tính theo áp suất dư ;

ζ_{dm} - hệ số tổn thất tại chỗ nối vào bình

Do đó :

$$p_1 = p_2 + \gamma Z + \left(\zeta_K + \zeta_{dm} + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 g d^4} = 13580N/m^2$$

5.3. TÍNH TOÁN THUYẾT LỰC ĐƯỜNG ỐNG PHỨC TẠP

Tính toán đường ống phức tạp dựa trên cơ sở tính toán đường ống đơn giản. Sau đây ta xét một số hệ thống đường ống phức tạp thường gặp. Trên cơ sở đó suy ra cách tính toán các hệ thống khác.

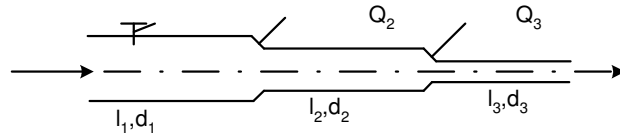
5.3.1. Hệ thống đường ống nối tiếp

a) Trường hợp nối tiếp kín (Hình 5 - 3)

Đặc điểm thủy lực $Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$

$$H = H_1 + H_2 + \dots + H_n$$

$$H_{\text{đầu}} - H_{\text{cuối}} = H = \sum h_{w_d} + \sum h_{w_c}$$

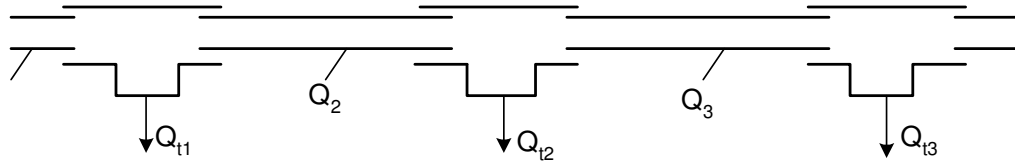


Hình 5-3

b) Trường hợp ống nối tiếp có rò rỉ chất lỏng ở các chỗ nối (Hình 5 - 4)

$$Q_1 = Q_2 + Q_{r1} = Q_3 + Q_{r1} + Q_{r2} = \dots = Q_i + \sum_1^{i-1} Q_{ri}$$

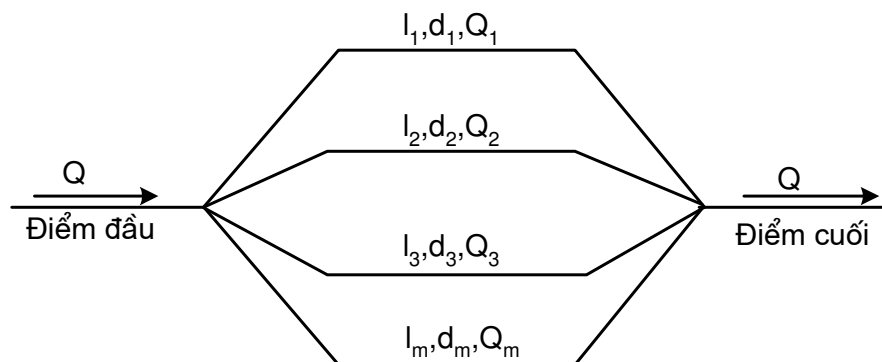
$$H = \sum h_{w_d} + \sum h_{w_c}$$



Hình 5 - 4

Chú ý: Đối với đường ống dài có thể lấy $\sum h_{w_c} = (0,05 \div 0,1) \sum h_{w_d}$

5.3.2. Hệ thống đường ống nối song song (Hình 5 - 5)



Hình 5-5

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i + \dots + Q_m = \sum_{i=1}^m Q_i$$

$$H_{đầu} - H_{cuối} = H = H_1 = H_2 = \dots = H_i = \dots = H_m$$

$$H_1 = h_{đi} + \sum h_{c_i} + h_{n_{vi}} + h_{n_{ri}}$$

Trong đó: $h_{n_{vi}}, h_{n_{ri}}$ - Tổn thất năng lượng tại nút vào và nút ra của dòng chảy qua ống thứ i

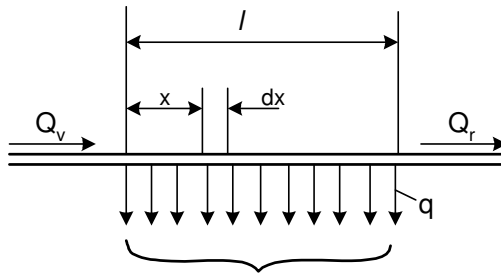
$\sum h_{c_i}$ - Tổng tổn thất cục bộ trên đoạn ống thứ i

$h_{đi}$ - Tổn thất dọc đường trên đoạn ống thứ i

5.3.3. Hệ thống đường ống phân phối liên tục (Hình 5 - 6)

$Q_{ff} = q l$ (q - Lưu lượng trên một đơn vị dài)

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



Hình 5 - 6

Tính tổn thất năng lượng dh trên dx (coi lưu lượng không đổi trên dx)

Nếu coi trên dx , $\sum \zeta = 0$

$$dh = \frac{8}{\pi_2 g} \lambda \frac{dx}{d^5} \left(Q_r + Q_{ff} - \frac{Q_{ff}}{l} x \right)^2$$

Suy ra:

$$h_d = \int_0^l dh = \frac{8}{\pi_2 g} \lambda \frac{l}{d^5} \left(Q_r^2 + Q_r Q_{ff} + \frac{1}{3} Q_{ff}^2 \right)$$

h_d - Chính là độ chênh cột áp trên đoạn l

5.3.4. Hệ thống đường ống phân nhánh hở

Trong tính toán thủy lực đường ống phân nhánh hở thường gặp 2 loại bài toán: Thiết kế và kiểm tra.

- Bài toán kiểm tra là cho trước cột áp ở đầu đường ống, kiểm tra lại xem sau khi bị tổn thất năng lượng trong quá trình vận chuyển, cột áp còn lại cuối đường ống (nơi tiêu thụ) có đủ yêu cầu không?

- *Bài toán thiết kế* là tính được cột áp của nguồn, cần thiết đủ để thắng mọi sức cản trên đường ống, thoả mãn yêu cầu cột áp và lưu lượng ở nơi tiêu thụ (cuối đường ống)

1. *Các bước giải bài toán đường ống phân nhánh:*

Thông thường trong một bài toán thiết kế người ta cho những số liệu sau:

- Lưu lượng cột áp yêu cầu tại các nơi tiêu thụ: $Q_i; H_i$
- Độ cao hình học của các điểm trong hệ thống đường ống : Z_i (Tính từ một mặt chuẩn chung)
- Chiều dài các đoạn ống: l_i
- Hệ số nhám n hoặc độ nhám Δ của ống

Yêu cầu xác định đường kính của các đoạn ống và cột áp của nguồn H_0 .

Bước 1: Tính đường ống cơ bản:

Chọn đường ống cơ bản(đường ống chính) là nhánh đường ống có yêu cầu về năng lượng vận chuyển chất lỏng cao nhất(thường chọn nhánh có Q lớn và l dài nhất)

- Xác định đường kính đường ống cơ bản theo vận tốc kinh tế

$$d_i = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_{KT}}}$$

- Xác định cột áp nguồn H_0

Bước 2 : Tính đường ống nhánh

Nhiệm vụ của việc tính đường ống nhánh là xác định được đường kính của nó. Tương tự như bài toán 3 (đường ống đơn giản) với điều kiện xác định được cột áp đầu nhánh.

2. *Ví dụ :* Tính toán thủy lực hệ thống đường ống phân nhánh (hình 5-7)

Các số liệu cho

- Độ cao hình học : $Z_A, Z_B, Z_C, Z_D, Z_E, Z_K, Z_L, Z_N$;
- Lưu lượng yêu cầu : Q_K, Q_N, Q_L, Q_E ;
- Chiều dài từng đoạn ống : $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$;
- Cột áp yêu cầu : h_K, h_E, h_L, h_N .

Xác định đường kính ống và cột áp cần thiết H_A ở đầu hệ thống đường ống.

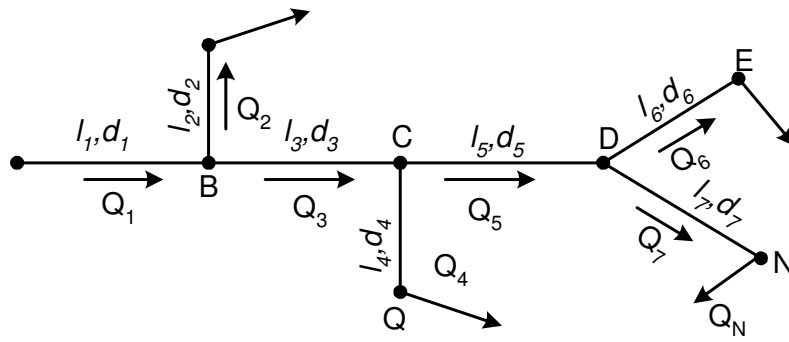
Theo sơ đồ trên chọn đường ống cơ bản là $ABCDE$.

Xác định lưu lượng trên từng đoạn đường ống :

$$Q_7 = Q_N ; Q_6 = Q_E ; Q_5 = Q_E + Q_N ; Q_4 = Q_L ; Q_3 = Q_L + Q_E + Q_N ; Q_2 = Q_K ; Q_1 = Q_K + Q_L + Q_E + Q_N ;$$

Xác định đường kính các đoạn ống :

$$d_6 = 1,13 \sqrt{\frac{Q_6}{v_{KT}}} ; \dots d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{Q_1}{v_{KT}}} ;$$



Hình 5-7

- Xác định tổn thất cột áp trên các đoạn ống :

$$H_6 = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_6}{d_6} \right) \frac{8}{\pi^2 d_6^4 g} Q_6^2$$

$$H_5 = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_5}{d_5} \right) \frac{8}{\pi^2 d_5^4 g} Q_5^2$$

.....

$$H_1 = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_1}{d_1} \right) \frac{8}{\pi^2 d_1^4 g} Q_1^2$$

Trị số cột áp cần thiết H_A ở đầu hệ thống đường ống được xác định :

$$H_A = H_1 + H_3 + H_5 + H_6 + (Z_E + h_E)$$

Để tính đường ống nhánh ta xác định cột áp ở các điểm B, C, D rồi tính tổn thất năng lượng trong các đường ống nhánh BK, CL và DN và cuối cùng chọn đường kính của các đường ống nhánh d_2 , d_4 và d_7 . Sau đó tiến hành kiểm tra :

Đoạn BK :
$$H_B - H_K \geq \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_2}{d_2} \right) \frac{8}{\pi^2 d_2^4 g} Q_K^2$$

Đoạn CL :
$$H_C - H_L \geq \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_4}{d_4} \right) \frac{8}{\pi^2 d_4^4 g} Q_L^2$$

Đoạn DN :
$$H_D - H_N \geq \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l_7}{d_7} \right) \frac{8}{\pi^2 d_7^4 g} Q_N^2$$

Nếu thoả mãn thì tốt, không thoả mãn thì phải chọn lại đường ống cơ bản và tính lại. Trong trường hợp cho trước cột áp đầu hệ thống đường ống H_A , ta xem đường ống cơ bản ABCDE như đường ống đơn giản mắc nối tiếp có lưu lượng và đường kính ống khác nhau.

Tính xong đường ống cơ bản ta biết được tổn thất cột áp của từng đoạn ống và tính được cột áp ở các điểm đầu đường ống nhánh B, C, D ; rồi chọn đường kính các ống nhánh như ở trường hợp biết chiều dài l , lưu lượng Q và tổn thất năng lượng h_w ở ống đơn giản.

5.3.5. Hệ thống đường ống vòng kín

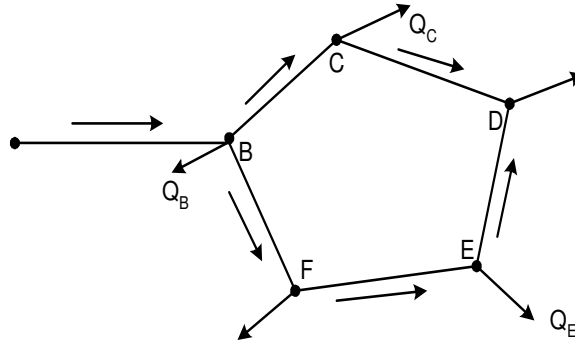
Giả sử xét một hệ thống đường ống vòng kín gồm có ống chính AB và một vòng kín $ACDEFB$ (hình 6-7). Lưu lượng tháo ra ở các điểm B, C, D, E, F là Q_A, Q_B, Q_C, Q_D, Q_E và Q_F .

Trước hết ta chọn phương chuyển động của chất lỏng. Lấy điểm xa nhất làm điểm tháo nước cuối cùng. Ở sơ đồ này ta có thể lấy điểm D và như vậy chất lỏng sẽ chảy đến điểm D từ hai phía.

Sau khi xác định xong hướng chuyển động ta tính toán như ở trường hợp có mạch rẽ song song và tổn thất trong hai nhánh BCD và $BEFD$ bằng nhau:

$$h_{WBCD} = h_{WBEFD}$$

Nếu điều kiện trên không thoả mãn, phải chọn lại điểm tháo nước cuối cùng, hoặc thay đổi đường kính các đoạn ống.



Hình 5-8

5.4. PHƯƠNG PHÁP DÙNG HỆ SỐ ĐẶC TRƯNG LƯU LƯỢNG K

5.4.1. Nội dung

Phương pháp này dùng để tính toán cho đường ống dài, chảy rối và chảy đều có áp.

Do ống dài nên $H = h_w \approx h_{wd} = Jl$.

Trong đó: J - Độ dốc thuỷ lực; l - Chiều dài ống.

Vận tốc của dòng chảy đều được xác định theo công thức Sedi:

$$v = C\sqrt{RJ}$$

Trong đó : R - Bán kính thủy lực ; $C = \frac{1}{n} \left(\frac{d}{4} \right)^y$ - Hệ số Sedi

n - Độ nhám tương đối ; y - Hệ số phụ thuộc R và n

Do đó lưu lượng qua ống là :

$$Q = \omega C \sqrt{R J} = K \sqrt{J}$$

Với $J = I$ thì $Q = K$ (m^3/s), có nghĩa K là lưu lượng của dòng chảy qua mặt cắt ướt khi độ dốc thủy lực bằng 1 đơn vị và được gọi là hệ số đặc trưng lưu lượng $K = K(d, n)$.

Thay $J = h_{wd} / l$ vào Q , ta có $H = h_{wd} = l \frac{Q^2}{K^2}$ (5-3)

Các giá trị của K (hoặc $1/K^2$) được tính sẵn cho các loại đường ống có d và n khác nhau ứng với $v > 1,2$ m / s (chảy rối hay là khu vực sức cản bình phương). (Xem phần phụ lục 5,6).

Ứng với chảy tầng $v \leq 1,2$ m/s phải nhân (6-2) với hệ số hiệu chỉnh tổn thất a :

$$h_{wd} = a \frac{Q^2}{K^2} l \quad (5-4)$$

Bảng 5-1

v	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
a	1,41	1,2	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,03	1,015	1

5.4.2. Ứng dụng để giải 4 bài toán cơ bản

a) $H_1 = ?$ $H = H_1 - H_2 = h_{wd} = (Q/K)^2 l$

Suy ra $H_1 = (Q/K)^2 l + H_2$

b) $Q = ?$ Từ (6-2) : $Q = K \sqrt{\frac{H}{l}}$

K - Tra bảng theo trị số d và n đã cho .

c) $d = ?$ Theo đầu bài ta tính được $K = \frac{Q}{\sqrt{\frac{H}{l}}}$

Từ K và n đã cho, tra bảng ngược lại tìm d trong bảng trị số K

d) $d, H_1 = ?$ Chọn trước d theo v_{KT} , sau đó dựa vào d và n tra bảng tìm K tương ứng
Từ K, Q, l tìm được H, H_1 .

5.4.3. Ứng dụng để tính đường ống phức tạp

a) Đường ống nối tiếp : Q bằng nhau, $H = \sum H_i$

$$H = Q^2 \sum_{i=1}^m \frac{l_i}{K_i^2} \rightarrow Q = \sqrt{\frac{H}{\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{K_i^2}}}$$

b) Đường ống song song : H bằng nhau ; $Q = \sum Q_i$

$$Q_1 = K_1 \sqrt{\frac{H}{l_1}} ; \dots ; Q_m = K_m \sqrt{\frac{H}{l_m}}$$

Suy ra
$$Q = \sum_{i=1}^m Q_i = \sqrt{H} \sum_{i=1}^m \frac{K_i}{\sqrt{l_i}}$$

c) Đường ống phân phối liên tục

$$H = \frac{l}{K^2} \left(Q_r^2 + Q_r Q_{ff} + \frac{1}{3} Q_{ff}^2 \right) \approx \frac{l}{K^2} \left(Q_r + 0,55 Q_{ff} \right)^2$$

hay :
$$H = \frac{Q_{ff}^2}{K^2} l$$

d) Đường ống phân nhánh hở

Ta cũng chia hệ thống đường ống thành đường ống cơ bản và đường ống nhánh để tính (như đã trình bày trong mục 5.2.4) nhưng việc tính toán được đơn giản nhiều.

- Khi tính đường ống cơ bản , đường kính các đoạn ống sẽ tính theo vận tốc kinh tế và lưu lượng yêu cầu, còn độ chênh cột áp đầu và cuối đường ống cơ bản sẽ là :

$$H = \sum_{i=1}^m h_{wdi} = \sum_{i=1}^m \frac{Q_i^2 l_i}{K_i^2}$$

m - Số đoạn đường ống đơn giản tạo nên đường ống cơ bản .

Chú ý rằng $H = (Z_o - Z_c) + h_o - h_c$

Trong đó : Z_o, Z_c - Độ cao hình học đầu và cuối đường ống.

h_o, h_c - Độ cao đo áp yêu cầu tại đầu và cuối đường ống cơ bản.

- Khi tính đường ống nhánh, thông thường đường kính của nó không được tính theo vận tốc kinh tế. Nó được quyết định bởi lưu lượng yêu cầu, độ chênh cột áp đầu và cuối nhánh phụ, nghĩa là phải chọn đường ống có đường kính sao cho với lưu lượng yêu cầu, dòng chảy trong đó tổn thất cột áp phù hợp với độ chênh cột áp giữa đầu và cuối nhánh :

$$H_d - H_c = h_{wd}$$

5.5. PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ ĐỂ TÍNH TOÁN ĐƯỜNG ỐNG

Từ công thức cơ bản của đường ống (6 -2) :

$$h_w = \frac{1}{K^2} l Q^2 = A Q^2$$

Ta nhận thấy với một đường ống xác định có l và d thì tổn thất h_w là hàm số của lưu lượng Q .

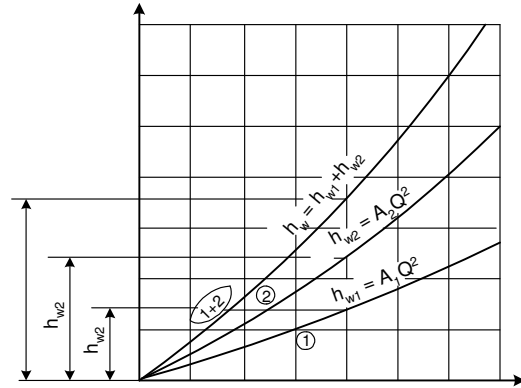
Đường đồ thị biểu diễn hàm số $h_w = AQ^2$ gọi là đường đặc tính ống dẫn.

Nếu tính cột áp của đường ống theo biểu thức :

$$H = z_c + h_c + h_w = H_o + AQ^2 \quad (5-5)$$

$H_o = z_c + h_c$ - Cột áp ở cuối đường ống (có trị số xác định)

Đường biểu diễn phương trình (5-5) gọi là đường đặc tính ống dẫn trong hệ thống (cách gốc tọa độ một đoạn H_o).



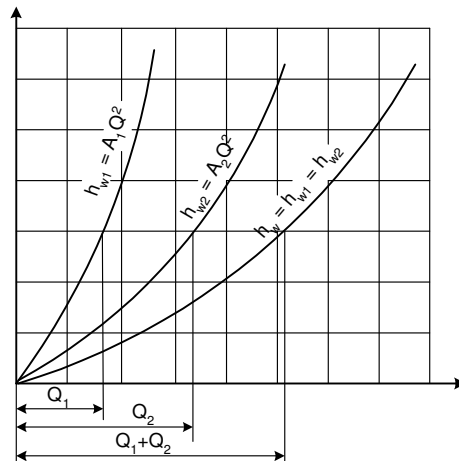
Hình 5-9

Trường hợp $H_o = 0$, đường đặc tính sẽ đi qua gốc tọa độ.

Để có đường đặc tính chung cho đường ống gồm nhiều đoạn ống mắc nối tiếp thì với mỗi lưu lượng chảy qua, tổn thất sẽ bằng tổng tổn thất các đoạn ống. Vẽ đường đặc tính ống dẫn cho từng đoạn đường ống. Sau đó vẽ đường đặc tính ống dẫn tổng hợp chung cho toàn bộ hệ thống đường ống. Với mỗi giá trị Q nhất định ta xác định được ngay giá trị $\sum h_w$ của hệ thống đường ống trên đồ thị (hình 5-9).

Nếu đường ống gồm nhiều đoạn mắc song song thì ứng với mỗi trị số của từng độ (tổn thất năng lượng h_w) ta cộng các trị số của hoành độ (lưu lượng Q) sẽ được lưu lượng chung cho cả đường ống. Lấy nhiều điểm như vậy sẽ vẽ được đường đặc tính chung cho đường ống (hình 5-10)

Trong trường hợp đường ống phức tạp gồm nhiều đoạn ống mắc song song và nối tiếp thì ta vẽ đường đặc tính cho những đoạn mắc song song và sau cùng thì vẽ đường đặc tính tổng cộng gồm nhiều đoạn ống mắc nối tiếp.



Hình 5-10

Dùng phương pháp đồ thị ta có thể xác định được tổn thất năng lượng của đường ống và do đó xác định được cột áp ở đầu đường ống khi biết lưu lượng hoặc ngược lại xác định được lưu lượng chảy qua đường ống khi cho trước cột áp.

5.6. VA ĐẬP THỦY LỰC TRONG ĐƯỜNG ỐNG

5.6.1. Hiện tượng

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

Va đập thủy lực có thể chia ra va đập dương (thuận) trong đó vì vận tốc giảm mà gây ra tăng áp suất và va đập âm (nghịch) do vận tốc tăng làm áp suất giảm. Chẳng hạn, nước chảy trong ống có áp. Nếu ngăn cản đột ngột dòng chảy, ví dụ đóng khoá lại thì áp suất trong ống sẽ tăng lên đột ngột. Áp suất ngay sát khoá sẽ tăng lên trước, nước sẽ bị nén lại. Sau đó theo mức độ dừng lại của các lớp nước mà sự tăng áp suất sẽ nhanh chóng truyền đi theo đường ống tạo thành sóng tăng áp suất.

Sự tăng áp suất truyền đi với tốc độ lớn sẽ làm ép chất lỏng lại và thành ống giãn ra. Sự biến dạng đàn tính của chất lỏng và của ống sẽ sinh ra cùng với tốc độ truyền tăng áp suất theo chiều dài ống. Tốc độ truyền biến dạng đàn tính gọi là tốc độ truyền sóng va đập. Sau khi lớp nước cuối cùng dừng lại thì tất cả nước trong ống đều bị ép. Lúc đó áp suất trong ống lớn hơn áp suất trong bình nên nước chảy ngược về bình, áp suất trong ống sẽ đột ngột hạ xuống. Sự giảm áp suất đó cũng sẽ từng lớp mà truyền tới khoá nước và gọi là sóng va đập nghịch. Thời gian chảy của sóng va đập thuận và va đập nghịch làm thành một pha của sóng va đập.

Quá trình sóng va đập xảy ra rất nhanh (bởi vì tốc độ truyền sóng va đập rất lớn). Sự phát sinh ra pha va đập được lặp đi lặp lại theo chu kỳ và giảm dần do có sự tiêu hao năng lượng. Sự tăng cao áp suất khi có va đập thủy lực phụ thuộc vào áp suất ban đầu của dòng chảy và lớn hơn rất nhiều so với cột áp tĩnh gây ra dòng chảy. Hiện tượng va đập thủy lực khá phức tạp, mãi đến năm 1898 mới được nhà bác học Nga Jucôpxki phân tích có lý luận chặt chẽ.

5.6.2. Tính độ tăng áp suất, tốc độ truyền sóng va đập

Quan sát đường ống có đường kính d , diện tích của các mặt cắt ống là ω và chiều dài l , nối với một bình chứa (hình 5-11). Trước khi đóng khoá có vận tốc v_0 và áp suất p_0 .

Khi đóng khoá đột ngột cuối đường ống, lớp chất lỏng ở gần khoá trên đoạn Δx có khối lượng $\rho\omega\Delta x$ bị ép lại dưới tác dụng của lực quán tính. Do đó sau thời gian Δt , áp suất ở lớp đó tăng lên Δp và vận tốc bằng 0. Ta viết phương trình động lượng:

$$F\Delta t = m\Delta v$$

ứng dụng trong trường hợp xét ta có:

$$F = \Delta p \omega, \quad m = \rho \omega \Delta x, \quad \Delta v = v_o - 0$$

Thay vào phương trình trên :

$$\Delta p \omega \Delta t = \rho \omega \Delta x v_o$$

$$\text{Rút ra :} \quad \Delta p = \rho \frac{\Delta x}{\Delta t} v_o \quad (5-6)$$

Nếu $\Delta t \rightarrow 0$ thì ta có áp suất cực đại ở gần chỗ khoá :

$$C = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

C - Tốc độ truyền sóng và đập thuỷ lực. Thay C vào (5-6) :

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{C}{g} v_o \quad (5-7)$$

Công thức (5-7) do Jucôpxki đưa ra, dùng để xác định độ tăng áp suất khi va đập thuỷ lực.

Ứng dụng lý luận động lượng vào khối chất lỏng giữa hai mặt cắt 1-1 và 2-2, và tính sự thay đổi khối lượng chất lỏng trong đoạn ống cùng với sự biến dạng của thành ống (theo định luật Hook) Jucôpxki đã xác định được công thức để tính tốc độ truyền sóng và đập trong nước gọi là tốc độ truyền nước va :

$$C = \frac{1435}{\sqrt{1 + \frac{E_o d}{E \delta}}}$$

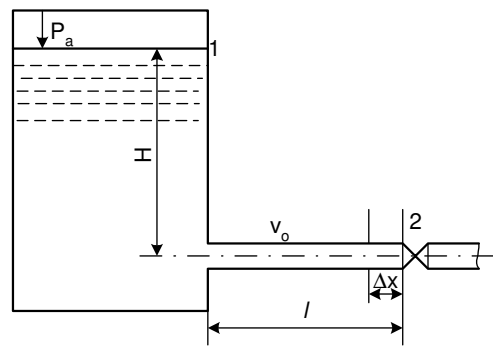
Trong đó : E_o - mô đun đàn hồi của nước ;

d - đường kính ống ;

E - mô đun đàn hồi của vật liệu làm ống ;

δ - chiều dài thành ống.

Khi có va đập thuỷ lực, áp suất sinh ra rất lớn có thể gây ra vỡ ống, nên phải tìm biện pháp để làm giảm hoặc ngăn ngừa, như đóng mở khoá van từ từ, dùng ống có đường kính lớn để làm giảm vận tốc, dùng vật liệu có mô đun đàn hồi bé, dùng những thiết bị tự động tháo chất lỏng khi áp suất vượt quá qui định ...

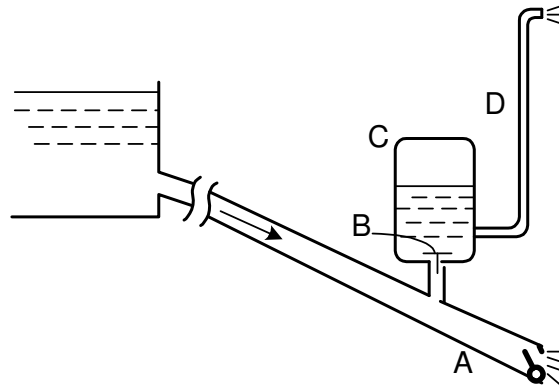


Hình 5-11

5.6.3. Ứng dụng hiện tượng va đập thuỷ lực

Hiện tượng va đập thuỷ lực được lợi dụng trong các bơm nước va (hình 5-12). Nguyên lý làm việc của bơm nước va

như sau :



Hình 5-12

Van *A* trên đường ống được điều chỉnh để cho nước từ một bể chứa chảy qua. Khi nào vận tốc của dòng nước đạt tới một trị số định trước thì dòng nước đóng van *A* đột ngột, sinh ra hiện tượng va đập thuỷ lực ; áp suất trong ống dẫn nước tăng vọt làm mở van *B* trong bình *C*, làm cho nước chảy vào trong bình *C*. Do áp suất bình *C* tăng đẩy nước lên ống đẩy *D*. Khi nước chảy vào bơm thì áp suất trong đường ống giảm, van *B* đóng lại, van *A* tự động mở và hiện tượng tiếp tục lặp lại.

CHƯƠNG VI

DÒNG CHẢY QUA LỖ - VÒI - ĐẬP TRÀN

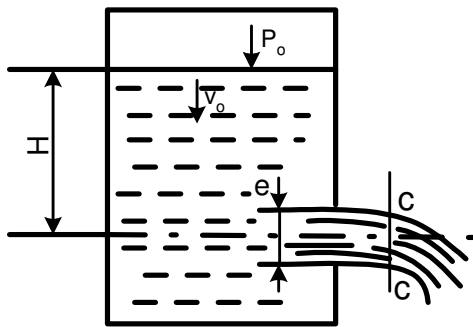
Trong thực tế thường gặp những trường hợp chảy qua lỗ, vòi như tháo nước, nhiên liệu từ bể, thùng chứa... nước hoặc chất lỏng khác chảy qua đập tràn để điều hoà mức nước hoặc đo lưu lượng...

Mục đích chính của tính toán thuỷ lực dòng chảy qua lỗ, vòi, đập tràn là xác định vận tốc và lưu lượng. Về thực chất bài toán này chỉ là sự áp dụng linh hoạt phương trình Bernouli, phương trình liên tục và cách tính tổn thất năng lượng trong những điều kiện ảnh hưởng đến tính chất dòng chảy.

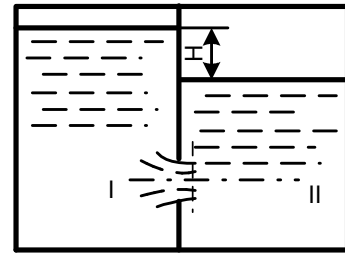
6.1. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN DÒNG CHẢY QUA LỖ - PHÂN LOẠI

6.1.1. Ảnh hưởng của môi trường bao quanh: Chảy tự do, chảy ngập

Tùy theo dòng chảy lỏng sau khi qua khỏi lỗ chảy vào môi trường khí hoặc vào môi trường chất lỏng ta gọi là chảy tự do (hình 6-1) hay chảy ngập (hình 6-2). Nếu chảy ngập, động năng của dòng chảy qua lỗ bị tiêu hao vào việc tạo nên những xoáy trong môi trường chất lỏng.



Hình 6-1



Hình 6-2

6.1.2. Ảnh hưởng của kích thước so sánh giữa lỗ và cột áp H trên lỗ:

Lỗ nhỏ, lỗ to

Gọi d là kích thước đặc trưng cho lỗ, ta có:

Lỗ nhỏ khi $d < 0,1 H$

Lỗ lớn khi $d \geq 0,1 H$

Đối với lỗ nhỏ, cột áp H trên mọi điểm của lỗ có thể coi như bằng nhau.

Trái lại, đối với lỗ to, cột áp tại các điểm phía trên và phía dưới khác nhau rõ rệt.

6.1.3. Ảnh hưởng bề dày thành của lỗ: Lỗ thành mỏng, lỗ thành dày.

Hiện tượng co hẹp dòng chảy

Tùy theo quan hệ kích thước so sánh giữa bề dày thành lỗ δ và đường kính d ta phân ra:

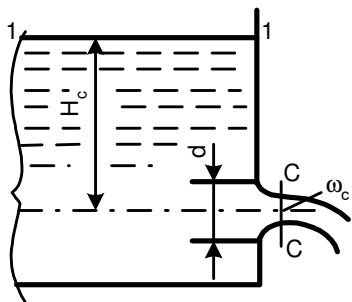
- *Lỗ thành mỏng*: $\delta < (3 \div 4) d$. Dòng chảy sau khi qua khỏi cạnh lỗ không tiếp xúc với thành của lỗ mà tiếp tục thu nhỏ mặt cắt, tạo nên hiện tượng co hẹp dòng chảy (hình 6 - 3). Ví dụ dòng chảy khỏi lỗ tam giác có dạng hình sao 3 cánh, chảy khỏi lỗ tròn có dạng hình elip.

Để đánh giá mức độ co hẹp dòng chảy, trong thủy lực dùng khái niệm hệ số co hẹp dòng chảy ϵ là tỷ số giữa diện tích mặt cắt co hẹp (ω_c) và mặt cắt lỗ (ω)

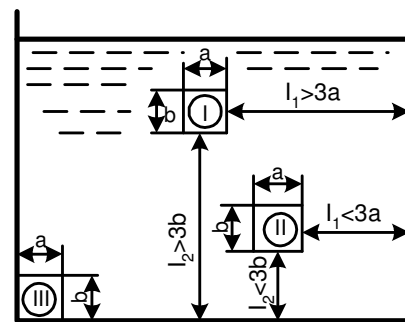
$$\epsilon = \frac{\omega_c}{\omega} \quad (6 - 1)$$

- *Lỗ thành dày*: $\delta \geq (3 \div 4) d$. Dòng chảy qua lỗ thành dày cũng có bị co hẹp, nhưng sau đó mở rộng ra và bám vào thành của lỗ, chảy đầy lỗ.

6.1.4. Ảnh hưởng vị trí lỗ trên thành bể chứa: Co hẹp hoàn chỉnh, không hoàn chỉnh



Hình 6 - 3



Hình 6 - 4

Tùy theo vị trí của lỗ xa hay gần các thành khác của bể chứa (thành bên hay đáy) sự co hẹp của dòng chảy sẽ hoàn chỉnh hay không hoàn chỉnh.

Nếu cạnh bên và đáy ở cạnh lỗ lớn hơn 3 lần kích thước của lỗ, dòng chảy qua khỏi lỗ sẽ bị co hẹp mức độ lớn và đồng đều về mọi phía : Ta gọi sự co hẹp này là hoàn chỉnh (Hình 6 - 4 - Lỗ I)

Ngược lại, lỗ càng gần các thành đáy bể chứa thì mức độ co hẹp càng giảm và sự co hẹp cũng không đồng đều theo mọi phía. Trường hợp này là co hẹp không hoàn chỉnh (Hình 6 - 4 - Lỗ II; III)

6.1.5. Ảnh hưởng của cột áp trên lỗ và số R_e

Với cột áp nhỏ, vận tốc qua lỗ nhỏ, số R_e nhỏ, ảnh hưởng của lực nhớt lớn nhiều so với lực quán tính. Đến mức độ nào đó sẽ không có hiện tượng thu hẹp. Nếu cột áp giảm dần, dòng chảy sẽ không ổn định.

Số R_e ảnh hưởng đến dòng chảy qua lỗ thông qua các hệ số vận tốc φ , hệ số lưu lượng μ , hệ số tổn thất của lỗ ζ mà sau này ta xét.

6.2. TÍNH TOÁN THỦY LỰC DÒNG CHẢY QUA LỖ NHỎ THÀNH MỎNG KHI CỘT ÁP KHÔNG ĐỔI

6.2.1. Tính toán thủy lực dòng chảy tự do

Quan sát dòng chảy qua lỗ nhỏ thành mỏng (Hình 6 - 3)

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 1 - 1 và mặt cắt co hẹp dòng chảy c - c. Mặt chuẩn đi qua tâm mặt cắt co hẹp.

$$H_1 + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + \frac{\zeta v_c^3}{2g}$$

Trong đó: v_1 - Vận tốc trên mặt cắt 1 - 1

v_c - Vận tốc trên mặt cắt co hẹp

Đặt $H_0 = H_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ là cột nước toàn phần hay tỷ năng toàn phần trên trọng tâm

lỗ.

Ta tính được v_c theo biểu thức sau:

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \zeta}} \sqrt{2gH_0} = \varphi \sqrt{2gH_0} \quad (6-2)$$

φ - Hệ số vận tốc, cố thể xác định trực tiếp bằng thực nghiệm.

Lưu lượng dòng chảy qua lỗ :

$$Q = \omega_c v_c = \varepsilon \omega \varphi \sqrt{2gH_0} = \mu \omega \sqrt{2gH_0} \quad (6-3)$$

μ - Là hệ số lưu lượng của lỗ, luôn < 1 (Lỗ co hẹp hoàn chỉnh $\mu = 0,60 \div 0,62$)

* Lưu ý: - Các hệ số ε , φ , μ phụ thuộc trước tiên vào loại lỗ, số R_e , tiêu chuẩn cơ bản của tương tự thủy động lực.

- Trường hợp áp suất trên mặt tự do của chất lỏng khác áp suất khí quyển ($P_0 > P_a$) thì công thức (6 - 2) và (6 - 3) có dạng:

$$v_c = \varphi \sqrt{2g \left(H_0 + \frac{P_0 - P_a}{\gamma} \right)} \quad (6 - 4)$$

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g \left(H_0 + \frac{P_0 - P_a}{\gamma} \right)} \quad (6 - 5)$$

Để tính lưu lượng chảy qua lỗ lớn, thường dùng công thức :

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(H_{o2}^{3/2} - H_{o1}^{3/2} \right)$$

Nhưng ở đây, hệ số lưu lượng của lỗ lớn (μ) dao động trong một khoảng rộng do nhiều yếu tố ảnh hưởng đến trị số của nó : kích thước và dạng lỗ, cột áp trên miệng lỗ, điều kiện chảy, co hẹp dòng chảy, đặc điểm gia công cạnh sắc...(có thể sử dụng bảng tính μ của Pavlovski để chọn, tính toán lỗ).

6.2.2. Tính toán thủy lực dòng chảy ngập

Dòng chảy qua khỏi lỗ thành mỏng ngập dưới mặt nước, hình thành mặt cắt co hẹp c-c tại lỗ ra. Áp dụng phương trình Bernoulli viết cho mặt cắt 1 - 1 và c - c, lấy mặt chuẩn qua trọng tâm lỗ (Hình 6 - 5)

$$\frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + H_1 = \frac{p_c}{\gamma} + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + \zeta \frac{v_c^2}{2g}$$

mà
$$\frac{p_c}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} + H_2$$

Do đó ta có:

$$\frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + H_1 = \frac{p_a}{\gamma} + H_2 + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + \zeta \frac{v_c^2}{2g}$$

Đặt
$$H_0 = H_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$$

Ta có:
$$H_0 - H_2 = (\alpha_c + \zeta) \frac{v_c^2}{2g}$$

Vận tốc tại mặt cắt co hẹp c - c bằng:

$$v_c = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \zeta}} \sqrt{2g(H_0 - H_2)} = \varphi \sqrt{2g(H_0 - H_2)} \quad (6 - 6)$$

φ - Hệ số vận tốc

Lưu lượng dòng chảy qua lỗ:

$$Q = \omega_c v_c = \varepsilon \omega v_c = \varepsilon \varphi \omega \sqrt{2g(H_0 - H_2)} = \mu \omega \sqrt{2g(H_0 - H_2)} \quad (6-7)$$

μ - Hệ số lưu lượng (xác định như trường hợp dòng chảy tự do)

* Lưu ý: Đối với dòng chảy ngập cột áp toàn phần tác dụng lên lỗ bằng hiệu số cột áp ở thượng lưu và hạ lưu vì vậy không cần phân biệt lỗ to hay lỗ nhỏ.

6.3. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC DÒNG CHẢY QUA LỖ NHỎ THÀNH MỎNG KHI CỘT ÁP THAY ĐỔI

Trong trường hợp cột áp tác dụng lên lỗ thay đổi việc tính toán thủy lực phức tạp hơn vì dòng chảy ra khỏi lỗ không ổn định.

Xét một thùng chứa chất lỏng có mặt cắt không đổi qua lỗ (hoặc vòi) có mặt cắt ω , nước chảy vào khí quyển (hình 6 - 6). Vấn đề cần giải quyết là khi biết trước cột áp H_1 , mặt cắt thùng Ω , phải xác định thời gian t để tháo nước một phần hay cả thùng nếu cho trước mặt cắt lỗ ω hoặc ngược lại cho trước thời gian t , phải xác định ω . Chẳng hạn cần phải xác định thời gian t để tháo nước từ H_1 xuống H_2 . Nếu mực nước thay đổi từ H thì trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ dt , nước trong bình sẽ hạ xuống một khoảng cách là dH . Cột nước H để tính lưu lượng xem như không đổi

Ứng dụng công thức tính lưu lượng chảy qua lỗ khi cột áp không đổi

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}$$

Vì phân thể tích nước chảy ra khỏi thùng dw sau thời gian đó dt sẽ bằng

$$dw = \mu \omega \sqrt{2gH} . dt$$

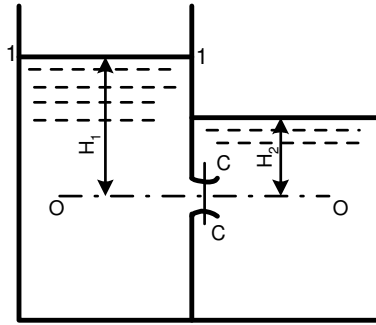
Mặt khác: $dw = - \Omega dH$

do đó ta có $- \Omega dH = \mu \omega \sqrt{2gH} dt$

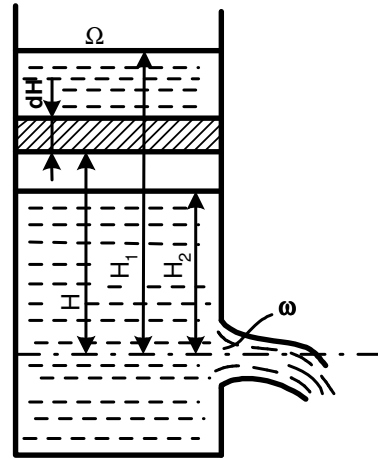
rút ra:
$$dt = \frac{- \Omega dH}{\mu \omega \sqrt{2gH}}$$

Tích phân phương trình trên từ H_1 đến H_2 ta được:

$$t = \int_{H_1}^{H_2} \frac{- \Omega dH}{\mu \omega \sqrt{2gH}} = \frac{2\Omega(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\mu \omega \sqrt{2g}} \quad (6-8)$$



Hình 6 - 5



Hình 6 - 6

Nếu tháo hết nước ra khỏi thùng $H_2 = 0$ thì ta có:

$$t = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2g}} = \frac{2\Omega H_1}{\mu\omega\sqrt{2gH_1}} = \frac{2w}{Q_1} \quad (6-9)$$

Trong đó: $w = \Omega H_1$ - Thể tích nước có ban đầu trong thùng

$Q = \mu\omega\sqrt{2gH_1}$ - Lưu lượng nước chảy ra khỏi thùng ở cột áp ban đầu H_1

Như vậy thời gian tháo hết nước trong thùng khi cột nước giảm dần bằng 2 lần thời gian để tháo hết những lượng nước ấy nhưng cột áp không đổi và bằng H_1 .

6.4. TÍNH TOÁN THUỶ LỰC DÒNG CHẢY QUA VÒI

6.4.1. Phân loại và công dụng của vòi

Vòi là những ống ngắn gắn vào trong thành mỏng. Chiều dài của ống $l \geq 3 \div 4$ lần đường kính d

Dòng chảy qua vòi nói chung cũng bị co hẹp sau mặt cắt vào một ít (khoảng $0,5d$), nhưng qua khỏi mặt cắt co hẹp, dòng chảy mở rộng ra và bám vào thành vòi. Quanh mặt cắt co hẹp có hiện tượng chân không.

Sau đây giới thiệu một số loại vòi thường gặp và công dụng cơ bản của chúng (hình 6-7)

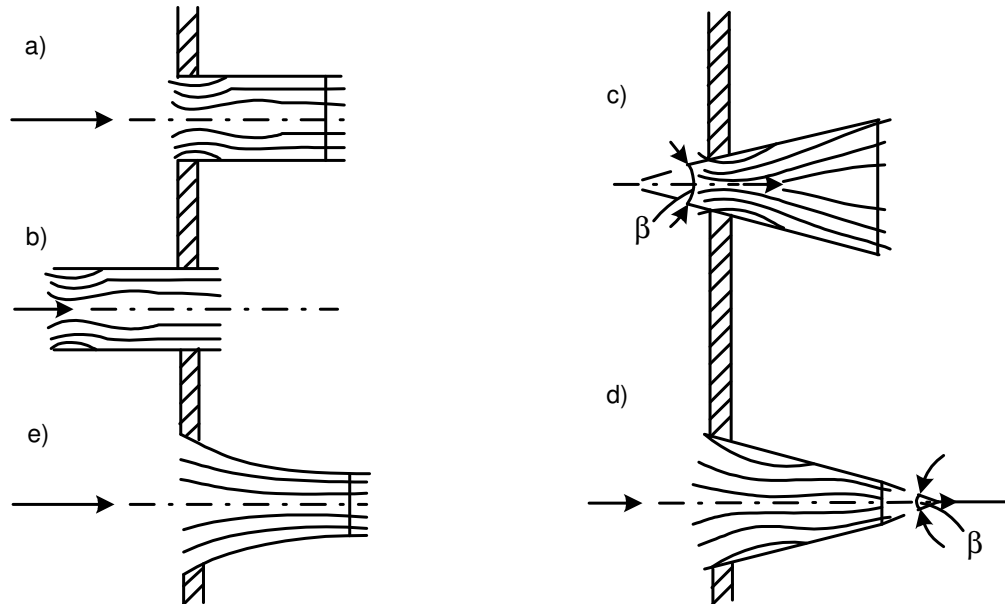
- Vòi trụ tròn (gắn trong hoặc ngoài - Hình 6-7 a,b). Loại này thường dùng để tháo chất lỏng trong bể chứa.

- Vòi hình nón cụt mở rộng (Hình 6-7 c). Loại vòi này vẫn có hiện tượng co hẹp và chân không. Độ chân không tỷ lệ với độ lớn của góc mở rộng β , nhưng nếu lớn quá

thì dòng chảy bị tách ra khỏi thành và không khí bên ngoài sẽ lọt vào phá hoại chân không làm cho dòng chảy giống dòng chảy qua lỗ (thực nghiệm cho thấy $\beta = 5^0 \div 7^0$ là tốt nhất). Loại vòi này tháo được lưu lượng lớn, vận tốc chảy ra nhỏ nên nó được ứng dụng ở những trường hợp cần có độ chân không lớn (máy bơm phun tia) và cần có vận tốc nhỏ (máy tưới phun mưa).

- Vòi hình nón cụt thu hẹp (Hình 6 - 7d). Động năng của dòng chảy ra khỏi vòi khá lớn nên nó thường được sử dụng trong các thiết bị chữa cháy , trong tua bin xung kích, súng thủy lực đào đất, rửa quặng... Góc thu hẹp tốt nhất $\beta = 13^0 24'$

- Vòi lưu tuyến (Hình 6 - 7e). Hình dạng của vòi giống như hình dạng bó đường dòng trong vùng lân cận lỗ, không gây hiện tượng co hẹp, rất ít cản trở dòng chảy. Vì vậy hệ số lưu lượng của vòi lưu tuyến lớn hơn tất cả các vòi khác.



Hình 6-7

6.4.2. Tính toán thủy lực vòi trụ tròn gắn ngoài, chảy ổn định không ngập

Tượng tự như dòng chảy qua lỗ, ta dùng công thức sau đây để tính vận tốc và lưu lượng chảy qua vòi

$$v = \varphi \sqrt{2gH_0} \quad ; \quad \varphi = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \sum \zeta}}$$

$\sum \zeta$ - Là tổng số các hệ số cản trong vòi gồm có hệ số cản do thu hẹp đột ngột chảy vào vòi và hệ số cản do mở rộng đột ngột chỗ mặt cắt co hẹp . Vì chiều dài vòi nhỏ nên bỏ qua tổn thất dọc đường.

$$Q = \zeta \omega \varphi \sqrt{2gH_0} = \mu \omega \sqrt{2gH_0}$$

Các hệ số kháng $\Sigma \zeta$, hệ số co hẹp ε , hệ số vận tốc φ và hệ số lưu lượng μ cho ở bảng 6 - 1 (Tính cho mặt cắt ra của vòi).

Bảng 6 - 1

<i>Loại vòi</i>	$\Sigma \zeta$	ε	φ	μ
<i>Vòi trụ tròn gắn ngoài</i>	0,50	1,00	0,82	0,82
<i>Vòi trụ tròn gắn trong</i>	1,00	1,00	0,77	0,71
<i>Vòi nón cắt mở rộng</i> $\alpha = 5^\circ \div 7^\circ$	4 ÷ 3	1,00	0,45 ÷ 0,50	0,45 ÷ 0,50
<i>Vòi nón cắt thu hẹp</i> $\alpha = 13^\circ 24'$	0,09	0,98	0,95	0,94
<i>Vòi lưu tuyến</i>	0,04	1,00	0,98	0,98

Xác định độ chân không trong vòi

Viết phương trình Becnuli cho mặt cắt c - c và b - b (Hình 6 - 8). Ta lấy $\alpha_c = \alpha_b = 1$

$$\frac{p_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} = \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_b^2}{2g} + \zeta \frac{v_b^2}{2g} \quad (6 - 10)$$

$$\frac{p_a - p_c}{\gamma} = \frac{v_c^2}{2g} - \frac{v_b^2}{2g} (1 + \zeta)$$

$$\text{Vì} \quad \omega_c = \varepsilon \omega$$

Theo nguyên lý liên tục của dòng chảy:

$$\omega_c v_c = \omega_b v_b$$

$$\text{nên} \quad v_c = v_b \cdot \frac{\omega_b}{\omega_c} = v_b \frac{1}{\varepsilon}$$

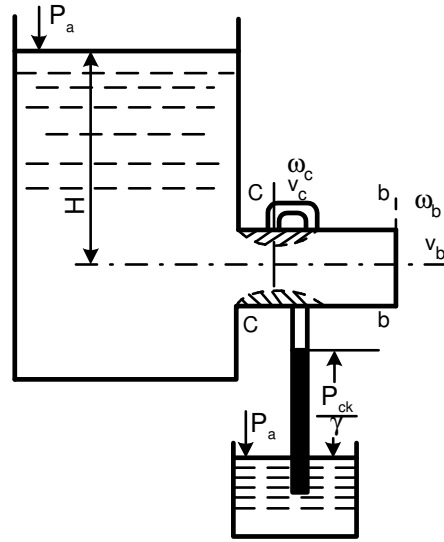
Thay v_c vào (6 - 10) ta có:

$$h_{ck} = \frac{p_a - p_c}{\gamma} = \frac{v_b^2}{2g\varepsilon^2} - \frac{v_b^2}{2g} (1 + \zeta) = \frac{v_b^2}{2g} \left(\frac{1}{\varepsilon^2} - 1 - \zeta \right)$$

mà $v_b = \varphi \sqrt{2gH_0}$ Thay vào phương trình trên ta được:

$$h_{ck} = \varphi^2 H_0 \left(\frac{1}{\varepsilon^2} - 1 - \zeta \right) \quad (6 - 11)$$

Thay các giá trị $\varphi, \zeta, \mu, \varepsilon$ từ bảng 6 - 1, đối với vòi trụ tròn gắn ngoài ta tính được:



Hình 6 - 8

$$h_{ck} = 0,764 H_0$$

Qua đó ta nhận thấy rằng độ chân không trong và ngoài vòi có một giá trị giới hạn nhất định. Ứng với một nhiệt độ nhất định của chất lỏng, áp suất tại vùng chân không trong vòi nhỏ hơn áp suất bay hơi bão hoà thì sẽ xuất hiện hiện tượng xâm thực trong vòi làm ảnh hưởng khả năng chảy và độ bền vật liệu chế tạo vòi (Bản chất của hiện tượng xâm thực ta sẽ nghiên cứu ở chương IX)

6.5. TÍNH TOÁN THUY LỰC DÒNG CHẢY QUA ĐẬP TRÀN

6.5.1. Khái niệm chung - Phân loại

Những công trình nhân tạo ngăn cản dòng chảy và làm cho dòng chảy phải tràn qua gọi là đập tràn.

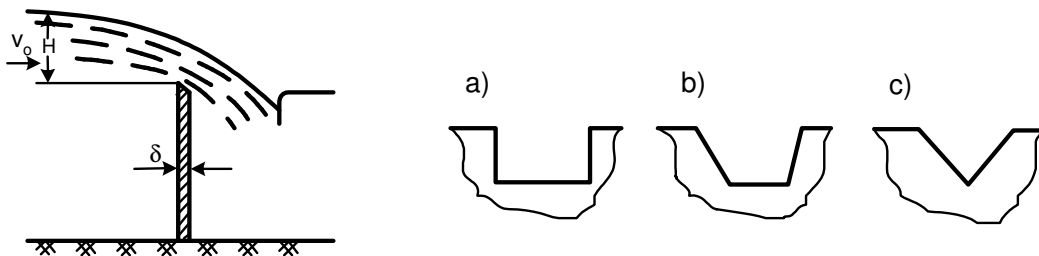
Đập tràn được ứng dụng rộng rãi trong các ngành thủy lợi, thủy điện, nông nghiệp, công trình công nghiệp...

Đập tràn được phân làm nhiều loại tùy theo ảnh hưởng của hình dạng và kích thước của ngưỡng tràn đối với dòng chảy qua đập tràn.

a) Đập tràn thành mỏng (Hình 6 - 9)

Có bề dày đỉnh tràn nhỏ, không ảnh hưởng gì đến dòng chảy qua đập. Thường quy định $\delta < 0,67 H$. Trong đập tràn thành mỏng bao gồm nhiều loại, tùy theo hình dạng lỗ đập như đập chữ nhật, hình thang, tam giác... (Hình 6 - 9).

Loại đập tràn thành mỏng thường được dùng trong phòng thí nghiệm để đo lưu lượng dòng chảy.

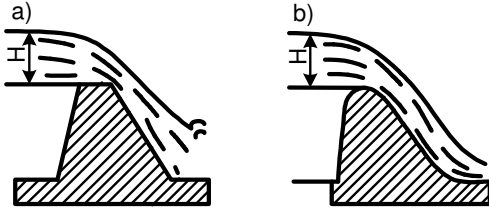


Hình 6 - 9

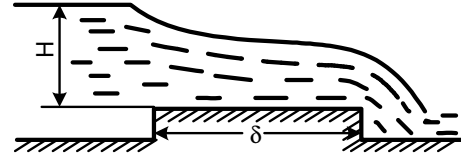
b) Đập tràn mặt cắt thực dụng: Có bề dày đỉnh tràn khá lớn, ảnh hưởng đến dòng chảy qua đập. Thường quy định đập tràn có bề dày δ trong giới hạn $0,67H \leq \delta \leq 3 H$ là đập tràn mặt cắt thực dụng.

Có 2 loại đập tràn thực dụng: Đập tràn thực dụng hình cong (Hình 6 - 10a) và đập tràn thực dụng hình đa giác (Hình 6 - 10b)

Đập tràn thực dụng là loại phổ biến nhất trong thực tế xây dựng các công trình thủy lợi, thủy điện, cung cấp nước.... Nó có thể làm bằng mọi vật liệu như gỗ đá, bê tông... Tính chất của nó ổn định hơn về mặt chịu lực.



Hình 6 - 10



Hình 6 - 11

c) *Đập tràn đỉnh rộng*: Chiều dài ngưỡng tràn δ khá lớn, ảnh hưởng đến dòng chảy qua nó. Dòng chảy qua ngưỡng tràn là dòng biến đổi chậm (các đường dòng hầu như song song với nhau). Thường quy định khi: $3H \leq \delta \leq 10H$ đập tràn thuộc loại đập tràn đỉnh rộng (Hình 6 - 11)

6.5.2. Tính toán thủy lực đập tràn

Mục đích chủ yếu tính toán thủy lực đập tràn là nhằm xác định được lưu lượng Q thoát qua đập, xác định chiều rộng b hoặc là tính cột áp H trên đỉnh đập tràn.

Công thức tính tổng quát cho mọi loại đập tràn có thể rút ra từ công thức tính toán cho lỗ lớn, với quan điểm xem rằng sự chảy qua đập tràn tương tự như chảy qua lỗ lớn, mà cạnh trên của lỗ không có, ta có:

$$H_{01} = 0 \text{ và } H_{02} = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = H_0$$

Trong đó: H_0 - Cột áp toàn phần của đập tràn

H - Cột áp trên đỉnh đập tràn (không kể độ cao vận tốc tiến gần $\frac{2v_0^2}{2g}$)

v_0 - Vận tốc tiến gần đập

Thay các giá trị trên vào công thức tính lưu lượng lỗ to ta được:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} H_0^{3/2} = m b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (6 - 12)$$

$m = 2/3\mu$ - Hệ số lưu lượng của đập tràn. m là hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào loại đập, điều kiện chảy (ngập hay không ngập, co hẹp hay không co hẹp) có thể tham khảo bảng 6-2

Bảng 6 - 2

<i>Loại hình đập tràn</i>	<i>m</i>
<i>Đập tràn đỉnh rộng</i>	0,35
<i>Đập tràn có mặt cắt thực dụng không trơn tru (Hình thang, hình chữ nhật)</i>	0,45
<i>Đập tràn thành mỏng</i>	0,42
<i>Đập tràn có mặt cắt thực dụng hình cong không trơn tru:</i>	
- <i>Trị số thông thường</i>	0,45
- <i>Trị số lớn nhất</i>	0,49

6.5.3. Một số điểm cần chú ý khi tính toán thủy lực đập tràn

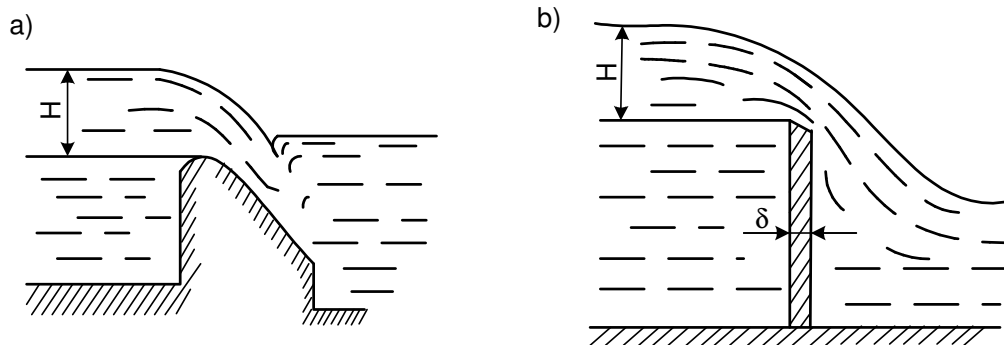
Khi tính toán đập tràn cần chú ý đến một số yếu tố sau đây ảnh hưởng đến lưu lượng chảy qua đập tràn, làm cho các công thức tính toán ứng với mỗi trường hợp có khác đi một ít so với công thức tổng quát (6 - 12)

a) Ảnh hưởng của mức nước sau đập tràn (mức nước hạ lưu)

Mức nước sau đập tràn dâng cao lên đến một mức độ nào đó sẽ làm cản trở sự chảy của dòng nước qua đập. Trường hợp này gọi là đập tràn chảy ngập (Hình 6 - 12a).

Nếu mức nước hạ lưu không cản trở dòng chảy qua đập tràn ta gọi là đập tràn chảy tự do (Hình 6 - 12b).

Trong trường hợp đập tràn chảy ngập, hệ số lưu lượng đập tràn bị giảm so với trường hợp đập tràn chảy tự do. Mức độ giảm hệ số lưu lượng được đánh giá bằng hệ số ngập



Hình 6 - 12

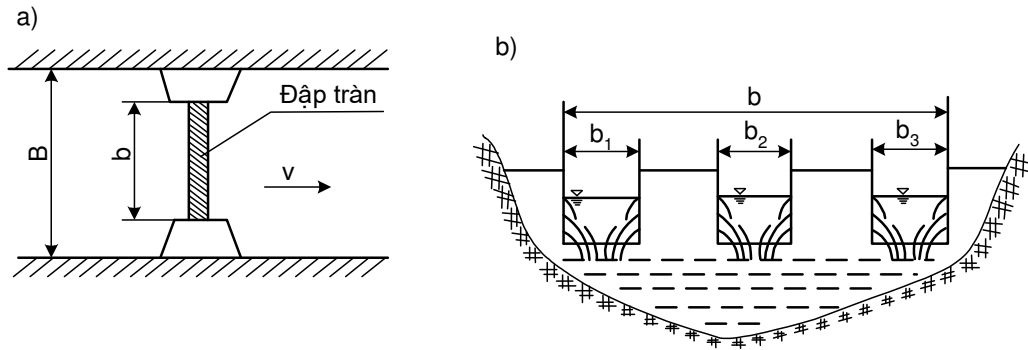
σ_n ($\sigma_n \leq 1$) nghĩa là:

$$m_n = \sigma_n m$$

Trong đó: m_n - Hệ số lưu lượng của đập tràn chảy ngập

m - Hệ số lưu lượng của đập tràn ứng với lúc chảy tự do.

b) Ảnh hưởng của sự co hẹp bên



Hình 6 - 13

Sự co hẹp bên xảy ra khi chiều rộng tràn b nhỏ hơn chiều rộng dòng chảy nơi xây đập (Hình 6 - 13a) hoặc là khi đập tràn có chiều dài tràn khá lớn người ta phải xây nhiều trụ đập để chia ra nhiều khoang tràn. Những trụ đập cản trở dòng chảy, thu hẹp diện tràn (hình 6 - 13b) cho nên hệ số lưu lượng cũng bị giảm, nó được xác định như sau:

$$m_c = \varepsilon m$$

Trong đó: m_c - Hệ số lưu lượng của đập tràn bị co hẹp bên

m - Hệ số lưu lượng của đập tràn ứng với lúc không co hẹp và chảy tự do

c) Ảnh hưởng của cách bố trí đập tràn trên mặt bằng

Cách bố trí đập thẳng, xiên, cong... có ảnh hưởng đến lưu lượng nước thoát qua đập tràn.

Các trường hợp ảnh hưởng trên, khi tính toán cụ thể xem " Sổ tay tính toán thủy lực" của P.G Kixelôp.

Chương VII

DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỎ

7.1. KHÁI NIỆM - PHÂN LOẠI

Kênh là dòng chảy nhân tạo có nhiều hình dạng khác nhau. Thông thường thì nước trong kênh có mặt thoáng tiếp xúc với khí quyển (áp suất dư trên mặt thoáng bằng 0).

Dòng chảy đều không áp trong kênh trước hết phải đảm bảo điều kiện của dòng chảy đều nói chung: Lưu lượng, hình dạng và diện tích mặt cắt ướt, biểu đồ phân bố trên mặt cắt ướt, độ dốc đáy, độ nhám lòng kênh không đổi dọc theo dòng chảy và theo thời gian. Nhưng vì dòng chảy đều không áp có mặt thoáng nên phải thêm một điều kiện nữa là độ sâu h của dòng chảy không đổi và do đó việc tính toán thủy lực cho dòng chảy đều không áp phức tạp thêm.

Kênh được ứng dụng nhiều trong các ngành kinh tế quốc dân khác nhau. Trong nông nghiệp kênh dùng trong các hệ thống thủy nông để tưới, tiêu nước cho cây trồng ; kênh dẫn thoát nước trong nhà máy thủy điện ; trong giao thông vận tải kênh dùng để cho tàu thuyền đi lại ; kênh cấp thoát nước trong công nghiệp, sinh hoạt...

Tùy theo nhiệm vụ, kích thước của kênh và đặc tính của đất, vật liệu xây dựng kênh mà mặt cắt của kênh có nhiều hình dạng khác nhau : hình Parabol, Tam giác, Chữ nhật, Hình thang... (hình 7-1).

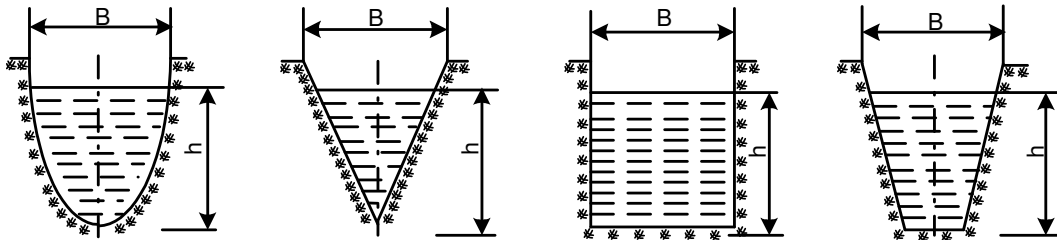
Vận tốc cho phép của kênh phải đảm bảo các yêu cầu sau :

1- Vận tốc chảy trong kênh không được gây ra lở xói sườn kênh và lòng kênh, nghĩa là không được vượt quá vận tốc giới hạn lở xói. Trị số của nó phụ thuộc vào tính chất của đất hoặc vật liệu làm kênh.

2- Vận tốc trong kênh không được gây ra bồi lắng lòng kênh bằng phù sa, nghĩa là không được nhỏ hơn vận tốc giới hạn bồi lắng, phụ thuộc vào số lượng và độ lớn của phù sa và cả dạng của mặt cắt kênh.

Vận tốc trong kênh cũng không cho phép vận tốc làm lắng đọng cỏ dại hoặc dong rêu trong kênh.

Trị số vận tốc giới hạn cho phép thường được tính toán sẵn trong các sổ tay tính toán về thủy lực.



Hình 7-1

7.2. NHỮNG CÔNG THỨC CƠ BẢN TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC VỀ KÊNH HÌNH THANG - MẶT CẮT LỢI NHẤT VỀ MẶT THỦY LỰC

7.2.1. Những công thức cơ bản trong tính toán thủy lực về kênh hình thang

Dòng chảy trong kênh là dòng chảy đều không áp nên các độ dốc hình học, độ dốc đo áp, độ dốc thủy lực bằng nhau :

$$i = I = J$$

và phần lớn là trường hợp chảy rối nên ta ứng dụng được công thức Sêdi để tính vận tốc trung bình v :

$$v = C\sqrt{RJ}$$

và tính lưu lượng Q :

$$Q = \omega C\sqrt{RJ} = K\sqrt{J} \quad (7-1)$$

hay :

$$i = J = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2}$$

Ở kênh hình thang (hình 7-2) diện tích ω của mặt cắt kênh được tính như sau:

$$\omega = \frac{b+B}{2} h = bh + mh^2 = h(b + mh) \quad (7-2)$$

Trong đó : b - chiều rộng đáy kênh ;

B - chiều rộng mặt kênh ;

h - độ sâu ngập nước của kênh ;

$m = a/h = \cotg\varphi$ - hệ số mái sườn kênh.

Chu vi ướt của kênh :

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} \quad (7-3)$$

Bán kính thủy lực của kênh :

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{1+m^2}} \quad (7-4)$$

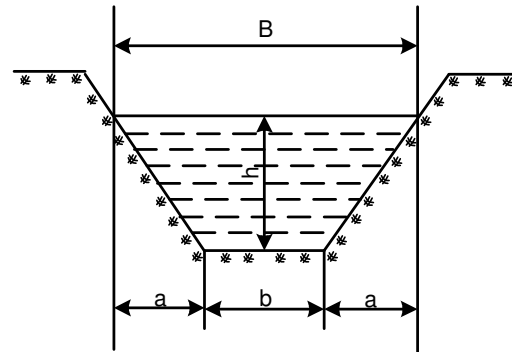
Nếu đặt $b/h = \beta$ thì (7-2),(7-3),(7-4)

có dạng sau:

$$\omega = (\beta + m)h^2 \quad (7-5)$$

$$\chi = (\beta + 2\sqrt{1+m^2})h \quad (7-6)$$

$$R = \frac{(\beta + m)h}{\beta + 2\sqrt{1+m^2}} \quad (7-7)$$



Hình 7-2

7.2.2. Mặt cắt lợi nhất về mặt thủy lực của kênh hình thang

Mặt cắt lợi nhất về mặt thủy lực của kênh hình thang là mặt cắt với một diện tích cho trước, cùng độ dốc đáy và độ nhám lòng kênh cho lưu lượng lớn nhất. Hay nói cách khác là mặt cắt có bán kính thủy lực lớn nhất và chu vi ướt nhỏ nhất. Khi thiết kế cố gắng làm sao để mặt cắt kênh gần đúng với mặt cắt lợi nhất về thủy lực.

Từ (7-2) ta xác định được chiều rộng đáy kênh b :

$$R = \frac{\omega}{h} - mh$$

Thay vào (7-3) ta có :

$$\chi = \frac{\omega}{h} - mh + 2h\sqrt{1+m^2}$$

Khi $\omega = const$ ta có $\chi = f(h)$, để $\chi = min$ khi $\frac{d\chi}{dh} = 0$

Và ta xác định được β cho mặt cắt có lợi nhất về mặt thủy lực, ký hiệu là β_{in}

$$\beta_{in} = 2(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (7-8)$$

Trong bảng (7-1) ghi giá trị β_{in} phụ thuộc vào hệ số mái m :

Bảng 7-1

m	0	1,0	1,5	2,0	2,75	3,0
β_{in}	2,00	0,828	0,606	0,472	0,385	0,325

Bán kính thủy lực của mặt cắt lợi nhất :

$$R_{in} = \frac{\omega}{\chi_{in}} = \frac{h^2(\beta_{in} + m)}{h(\beta_{in} + 2\sqrt{1+m^2})} = \frac{h}{2} \quad (7-9)$$

Ta thấy bán kính thủy lực của mặt cắt lợi nhất bằng một nửa độ sâu ngập nước. Nhưng kênh hẹp quá thường không tiện cho việc xây dựng cũng như trong sử dụng. Vì thế khi thiết kế kênh phải đi ngược lại từ mặt cắt lợi nhất về thủy lực và tính đến chiều rộng lớn hơn của kênh.

7.3. MỘT SỐ BÀI TOÁN CƠ BẢN THƯỜNG GẶP TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC VỀ KÊNH HÌNH THANG

Từ công thức (7-1) trong những điều kiện cụ thể, tính toán thủy lực về kênh có thể chia ra hai loại bài toán cơ bản sau :

7.3.1. Đối với kênh đã biết

Nhiệm vụ là phải xác định 1 trong 6 đại lượng đã nêu trên khi đã biết 5 đại lượng :

a) Cho i, b, h, m, n - xác định Q

Tính ω, R theo (7-2), (7-4) và C thay vào (7-1) tìm Q .

b) Cho Q, b, h, m, n - xác định i

Tính ω, R, C như trên rồi thay vào (7-1) để tìm i :

$$i = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R^2}$$

Bảng 7 - 2

Hệ số nhám của các loại kênh làm bằng các vật liệu khác nhau

Loại kênh	Hệ số nhám n
Máng gỗ	0,013
Máng kim loại	0,013
ống và kênh bằng bê tông	0,014 – 0,017
Kênh bằng gạch	0,015 – 0,017
Kênh trong đất tự nhiên	0,025
Kênh lát đá	0,035

7.3.2. Thiết kế kênh mới

Trong trường hợp này thông thường đã biết tài liệu về địa hình, về vật liệu làm kênh và lưu lượng cần dẫn đi trong kênh. Từ bản đồ địa hình ta tiến hành chọn tuyến kênh và độ dốc đáy i sao cho phù hợp nhất với những yêu cầu về thủy lực và kinh tế. Căn cứ vào vật liệu làm kênh ta xác định hệ số mái m và hệ số nhám n của lòng kênh. Nhiệm vụ là phải xác định kích thước mặt cắt kênh để dẫn được một lưu lượng cho trước.

Bài toán này theo (7-1) ta có một phương trình hai ẩn số, vì vậy muốn giải được ta phải chọn trước một nghiệm, tức là chọn trước một kích thước kênh

hoặc tìm thêm một mối quan hệ giữa b và h bằng một phương trình nữa. Ta có thể gặp 3 bài toán cơ bản sau đây :

a) Cho trước b , xác định h

Lúc này phương trình (7-1) chỉ còn 1 ẩn h , nhưng trực tiếp rút h từ (7-1) là một việc rất phức tạp nên ta áp dụng phương pháp thử dần để giải bài toán này.

Một mặt, ta tự chọn trị số h rồi tính ra ω , C , R , K tương ứng. Mặt khác

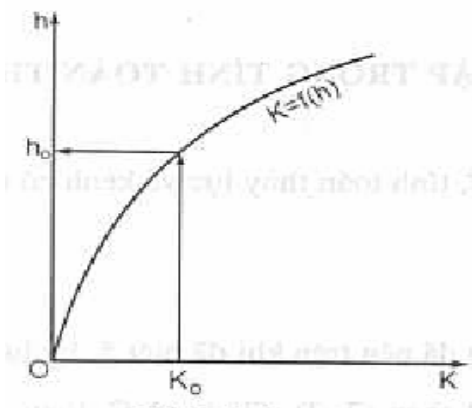
$$\text{ta có } K_o = \frac{Q}{\sqrt{J}}.$$

Vậy trị số h phải tìm là trị số có K tương ứng với nó bằng trị số K_o .

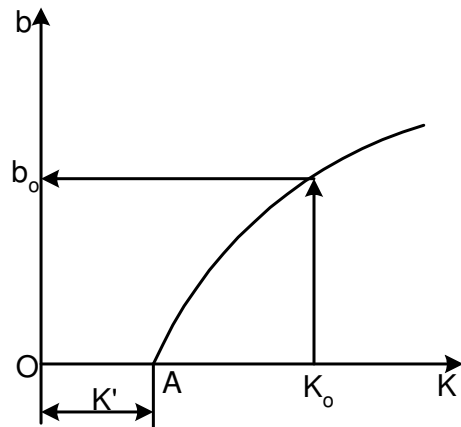
Để tính toán nhanh chóng hơn ta có thể giải bài toán bằng phương pháp đồ thị.

Tự cho vài trị số h rồi tính K để vẽ ra đường cong $K = f(h)$ (hình 7-3).

Từ trị số K_o đã biết ta xác định trên đường cong điểm có trị số h_o phải tìm. Bài toán này luôn luôn có nghiệm với bất cứ trị số K_o nào.



Hình 7-3



Hình 7-4

Trường hợp chọn trước h , xác định b từ (7-1) K là một hàm số của b : $K = f(b)$.

Ta tiến hành giải bài toán hoàn toàn tương tự như trường hợp tìm h ở trên.

Nhưng chú ý rằng đường cong $K = f(b)$ trên tọa độ (K, b) không đi qua gốc tọa độ mà cắt trục OK tại A (hình 7-4). Đoạn OA tương ứng trị số K' của kênh có

mặt cắt hình tam giác ($b = 0$). Vậy bài toán chỉ có lời giải với các trị số $K_o > K'$.

b) Tự chọn trước $\beta = \frac{b}{h}$ - xác định b, h

Nếu thay $b = \beta h$ và $m = a/h$ thì (7-1) sẽ có một phương trình 1 ẩn là b hoặc h . Bài toán trở về trường hợp trên. Có thể chọn β theo β_n và khi đó phương trình thứ hai là (7-8).

c) Cho trước R hoặc v - xác định b, h

- Giả sử cho biết R

Từ (7-1) ta có :

$$\omega = \frac{Q}{C\sqrt{RJ}}$$

Mặt khác :

$$\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}$$

Vậy ta có hệ phương trình với hai ẩn số b và h sau :

$$\begin{cases} (b + mh)h = \omega \\ b + 2h\sqrt{1+m^2} = \frac{\omega}{R} \end{cases} \quad (7-10)$$

Giải hệ phương trình trên ta sẽ tìm được b và h .

- Giả sử cho biết v :

Từ công thức Sêdi $v = C\sqrt{RJ}$ ta viết được :

$$C\sqrt{R} = \frac{1}{n} R^{y+0,5} = \frac{v}{\sqrt{J}}$$

Biết $\frac{v}{\sqrt{J}}$ và n đồng thời xác định được y ta tìm được R .

Trị số y có thể lấy theo công thức của Manning hoặc Pavolôpxki để tính R (xem phụ lục).

Sau khi có R , bài toán trở về trường hợp trên và giải hệ phương trình (7-10).

Ta biết rằng trong mặt cắt có lợi nhất về thủy lực trị số R_m và v_m lớn nhất và ω_m nhỏ nhất. Như vậy bài toán chỉ có lời giải nếu như trị số cho trước R và v nhỏ hơn R_m và v_m của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

CHƯƠNG VIII DÒNG TIA

8.1. KHÁI NIỆM VỀ DÒNG TIA

8.1.1. Định nghĩa - phân loại

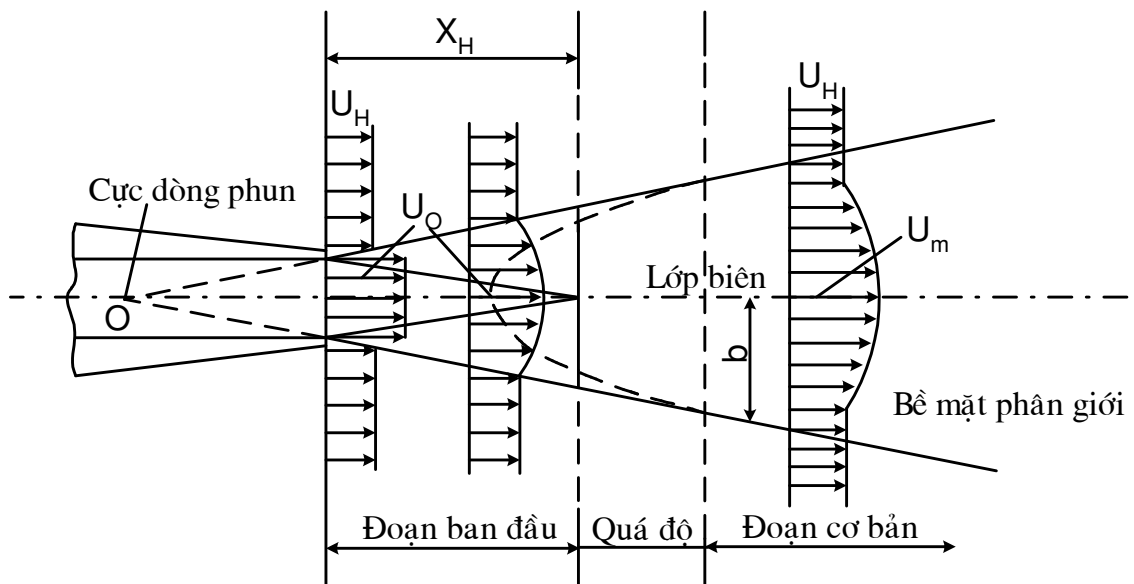
Dòng chất lỏng khi chảy ra khỏi vòi phun và được phun vào môi trường chất lỏng hay chất khí thì gọi là dòng tia.

Dòng tia chất lỏng chuyển động trong môi trường chất lỏng là dòng tia ngập (hay còn gọi là luồng). Ví dụ dòng tia nước từ vòi đặt ngầm dưới mặt nước sông để phá đất, nạo vét lòng sông.

Dòng tia chất lỏng chuyển động trong môi trường khí là tia tự do, ví dụ : dòng tia nước của vòi chữa cháy, của máy tưới ..

Trạng thái chảy trong dòng tia có thể là chảy tầng hoặc chảy rối, nhưng trong thực tế thường gặp chảy rối. Vì vậy dưới đây chúng ta chỉ nghiên cứu một số tính chất của dòng tia ở trạng thái chảy rối.

8.1.2. Dòng tia ngập



Hình 8-1

Là dòng tia được phun vào trong môi trường cùng loại hoặc khác loại. Khi dòng tia chuyển động, do tính nhớt và sự mạch động vận tốc của dòng chảy rối xuất hiện các xoáy ốc ở chỗ tiếp giáp của dòng tia và môi trường xung quanh, các xoáy này làm cho một phần chất lỏng của môi trường bị lôi kéo theo dòng tia, đồng thời lại gây tác dụng kìm hãm chuyển động của dòng tia. Vì vậy dòng tia ngập loe rộng dần rồi phân tán vào môi trường chất lỏng bao quanh (hình 8-1).

1. Dựa vào biểu đồ phân bố vận tốc trên các mặt cắt ngang, người ta chia dòng tia ra làm 2 phần : lõi và lớp biên chảy rối.

- Lõi : là phần trong cùng, trong đó vận tốc U_o trên các mặt cắt ngang dòng tia không đổi.

Lõi bắt đầu từ miệng vòi phun đến mặt cắt giới hạn (quá độ) trên đó chỉ có điểm trên trục dòng tia là có vận tốc bằng vận tốc ban đầu tại miệng vòi. Đường giới hạn lõi là đường thẳng (xác định theo thực nghiệm).

- Lớp biên chảy rối : là phần được giới hạn bởi lõi và môi trường bao quanh dòng tia, trong đó vận tốc biến đổi liên tục cho đến khi bằng vận tốc môi trường bên ngoài. Đường giới hạn lớp biên chảy rối với môi trường bao quanh là đường gần như thẳng (theo thực nghiệm tính toán).

2. Theo chiều dài dòng tia ngập có thể chia làm 3 đoạn :

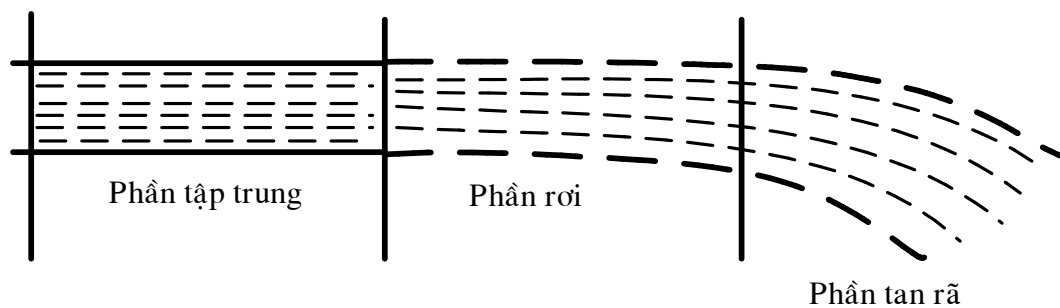
- Đoạn đầu : từ miệng vòi phun cho đến mặt cắt quá độ tức là mặt cắt kết thúc lõi dòng tia. Trong đoạn đầu có lõi và một phần của lớp biên chảy rối quanh lõi.

- Đoạn cơ bản : từ mặt cắt giới hạn trở đi. Dòng tia chỉ gồm lớp biên chảy rối trong đó vận tốc giảm dần dọc theo trục dòng tia.

- Giữa đoạn đầu và đoạn cơ bản có một đoạn quá độ rất ngắn .

8.1.3. Dòng tia không ngập

Quan sát một dòng tia không ngập, ví dụ một tia nước từ một vòi hình trụ tròn phun vào không khí ta thấy có ba phần rõ rệt (hình8-2).



Hình 8-2

- Phần tập trung : dòng tia vẫn giữ nguyên hình trụ tròn, chất lỏng vẫn liên tục.
- Phần rời rạc: dòng tia mở rộng hơn, sự liên tục của chất lỏng bị phá hoại.
- Phần tan rã : dòng tia tan rã thành những hạt nhỏ, gián đoạn.

Dòng tia tự do được sử dụng nhiều trong kỹ thuật như súng thuỷ lực dùng phá đất, khai thác than, dòng tia chữa cháy..., những loại này cần dùng phần tập trung của dòng tia. Nhưng khi cần phun hạt nước nhỏ để tưới thì lại phải lợi dụng phần tan rã.

8.2. CÁC ĐẶC TRƯNG THUỶ KHÍ ĐỘNG CƠ BẢN CỦA DÒNG TIA

8.2.1. Sự phân bố các thông số thuỷ khí động theo tiết diện ngang của dòng tia

Nhiều nghiên cứu về lý thuyết tính toán cũng như những kết quả thực nghiệm đã rút ra những nhận xét về dòng tia rối tự do như sau :

- Tại mỗi điểm trên tiết diện dòng tia thành phần vận tốc theo phương ngang (y) rất nhỏ so với thành phần vận tốc theo phương dọc (x). Do đó trong tính toán thực tế có thể bỏ qua thành phần vận tốc theo phương ngang.
- Prôfin vận tốc biến dạng liên tục dọc theo trục x và kéo theo sự thay đổi liên tục các thông số thuỷ khí động khác. Ở những tiết diện càng xa so với tiết diện ban đầu của dòng tia thì prôfin vận tốc đồng dạng với prôfin vận tốc ở những tiết diện trước nó (theo Fetman, Gavin, Naumov..)
- Prôfin giá trị dư của vận tốc, nhiệt độ và nồng độ tạp chất được xây dựng theo các toạ độ không thứ nguyên, có thể dùng các hàm giải tích gần đúng viết dưới dạng đa thức có bậc của các toạ độ ngang không thứ nguyên để mô tả; chẳng hạn có thể dùng hàm giải tích gần đúng của silichting $f(\eta)$.

Đối với đoạn cơ bản của dòng tia ta có :

- + Hàm biểu diễn prôfin vận tốc :

$$\frac{u - u_H}{u_m - u_H} = f(\eta) = (1 - \eta^{3/2})^2 \quad (8-1)$$

Trong đó : $\eta = \frac{y}{b}$

- + Hàm biểu diễn sự phân bố nhiệt độ :

$$\frac{T - T_H}{T_m - T_H} = (1 - \eta^{3/2})^{P_T} \quad (8-2)$$

Trong đó : P_r - Trị số rớt Prandtl, phụ thuộc vào tỷ số giữa nhiệt lượng tiêu phí do ma sát rớt và nhiệt lượng sản sinh ra do sự xáo trộn.

Theo thực nghiệm : $P_r = 0,8$ đối dòng tia đối xứng.

$P_r = 0,5$ đối dòng tia phẳng.

+ Hàm phân bố nồng độ tạp chất trên tiết diện dòng tia.

$$\frac{\chi - \chi_H}{\chi_m - \chi_H} = \frac{T - T_H}{T_m - T_H} = (1 - \eta^{3/2})^{P_r} \quad (8-3)$$

Trong đó : $\chi = \frac{G_{tc}}{G + G_{tc}}$ - Nồng độ trọng lượng tạp chất

G_{tc} - Trọng lượng tạp chất.

$G + G_{tc}$ - Trọng lượng toàn hỗn hợp.

8.2.2. Qui luật mở rộng dòng tia (dọc theo trục x)

Để giải quyết vấn đề này có thể tiến hành theo nhiều phương pháp. Tuy nhiên phương pháp thông dụng và đơn giản hơn cả là dùng lý thuyết tương tự kết hợp với các số liệu thực nghiệm.

Theo giả thuyết Prandtl đối với dòng rớt ta có :

$$V' \sim l \frac{du}{dg} \sim \frac{db}{dt} \quad (8-4)$$

Trong đó : V' - Thành phần mạch động vận tốc ngang ;

l - Chiều dài đường rớt ;

u - Thành phần vận tốc dọc (theo trục x) ;

Từ đó xác định được qui luật tăng bề rộng của dòng tia biểu diễn dưới dạng :

$$\frac{1}{C} \frac{db}{dx} = \frac{|u_1 - u_2|}{|u_1| + |u_2|} \quad (8-5)$$

Trong đó : C - Hệ số xác định bằng thực nghiệm.

- Trường hợp $u_1 = Const$, $u_2 = Const$:

$$\frac{db}{dx} = const \quad \rightarrow \quad b = c_1 x \quad (8-6)$$

Trong đó : $C_1 = C \frac{|u_1 - u_2|}{|u_1| + |u_2|}$

đối với dòng tia ngập ($u_2 = 0$) : $b_z = cx$ (8-7)

Từ (8-5), (8-6) và (8-7) ta có :

$$\frac{b}{b_z} = \frac{c_1 x}{cx} = \frac{|u_1 - u_2|}{|u_1| + |u_2|} \quad (8-8)$$

(có thể xem thêm ở [5])

8.3. MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ TÍNH TOÁN DÒNG TIA NGẬP ĐỐI XỨNG

8.3.1. Dòng tia rời ngập tự do

Trên kia chúng ta đã tiến hành khảo sát tổng quát đối với dòng tia.

Để cụ thể hoá chúng ta khảo sát một trường hợp dòng tia ngập đối xứng sau đây:

Điều kiện xét :

- Đẳng nhiệt.
- Dòng tia đối xứng, miệng vòi phun tròn (bán kính R_o).
- Sự phân bố các thông số dòng chảy tại tiết diện ban đầu của dòng phun (tại miệng vòi phun) là đều .
- Dòng phun đồng chất (không có tạp chất).
- Dòng phun đẳng áp ($p = const$); thực tế điều kiện này thoả mãn vì trong dòng phun áp suất tĩnh hầu như không đổi và bằng áp suất tĩnh trong môi trường ngoài.

1. Xét qui luật biến đổi vận tốc và sự mở rộng của lớp biên dọc theo trục dòng tia (xét trên đoạn cơ bản của dòng tia)

Vì áp suất tĩnh tại mọi điểm trong dòng tia là không đổi nên từ nguyên lý bảo toàn động lượng ta thấy rằng : động lượng của chất lỏng tính trên một đơn vị thời gian có trị số như nhau tại mọi mặt cắt :

$$\int_{\omega} \rho u^2 d\omega = \rho u \omega_o \quad (8-9)$$

Trong đó : $\omega_o = \pi R_o^2 (2b_o.l)$ - diện tích tiết diện đầu (tiết diện vòi phun) ;

$\omega = \pi R^2 (2b_o.l)$ - diện tích tiết diện dòng tia tại điểm xét ;

$d\omega = 2\pi r dr (2dy)$ - diện tích tiết diện của dòng tia nguyên tố.

Do đó với dòng tia đối xứng ta có :

$$2\pi \int_0^R \rho u^2 r dr = \pi \rho u_o^2 R_o$$

Đặt $\eta = r/R$ phương trình trên dưới dạng không thứ nguyên sẽ là :

$$\begin{aligned} 2 \int_0^{R/R_o} \left(\frac{u}{u_o} \right) \left(\frac{r}{R_o} \right) d \left(\frac{r}{R_o} \right) &= 1 \\ 2 \left(\frac{u_m}{u_o} \right)^2 \left(\frac{R}{R_o} \right)^2 \int_0^1 \left(\frac{u}{u_m} \right)^2 \left(\frac{r}{R} \right) d \left(\frac{r}{R} \right) &= 1 \\ 2 \left(\frac{u_m}{u_o} \right)^2 \left(\frac{R}{R_o} \right)^2 \int_0^1 \left(\frac{u}{u_m} \right)^2 \eta d\eta &= 1 \end{aligned} \quad (8-10)$$

Thay $\frac{u}{u_{\max}} = f_1(\eta)$ từ (8-1) vào tích phân trên ta sẽ tính được giá trị của tích phân :

$$\int_0^1 f_1(\eta) \eta d\eta = 0,0464$$

Thay giá trị của biểu thức tích phân trên vào (8-10) ta có :

$$\frac{R}{R_o} = 3,3 \frac{u_o}{u_m}$$

hay :
$$u_m = \frac{Const}{R} \quad (8-11)$$

Tương tự đối với luồng phẳng ta có :

$$\left(\frac{u_m}{u_o} \right)^2 \left(\frac{b}{b_o} \right)^2 \int_0^1 \left(\frac{u}{u_m} \right)^2 d\eta = 1$$

$$\frac{b}{b_o} = \frac{1}{1,65} \left(\frac{u_o}{u_m} \right)^2$$

hay :
$$u_m = \frac{Const}{\sqrt{b}} \quad (8-12)$$

2. Các đặc trưng động học của dòng tia rối ngập tự do

a) Lưu lượng của dòng tia :

$$Q = \int_{\omega} dQ = 2\pi \int_0^R u r dr$$

Biến đổi ta có :

$$Q = 2\pi u_m R^2 \int_0^1 \frac{u}{u_m} \frac{r}{R} d \left(\frac{r}{R} \right) = 2\pi R_o^2 u_o \frac{u_m}{u_o} \left(\frac{R}{R_o} \right)^2 \int_0^1 \frac{u}{u_m} \eta d\eta$$

Trong đó : $Q_o = \pi R_o^2 u_o$ - lưu lượng qua tiết diện ban đầu của vòi phun.

Cuối cùng ta rút ra :

$$\frac{Q}{Q_o} = 2,13 \frac{u_o}{u_m} \quad (8-13)$$

b) Quy luật tắt dần của vận tốc dọc trục dòng tia

Phương trình đường biên của dòng tia trong dòng tia ngập đối xứng có dạng :

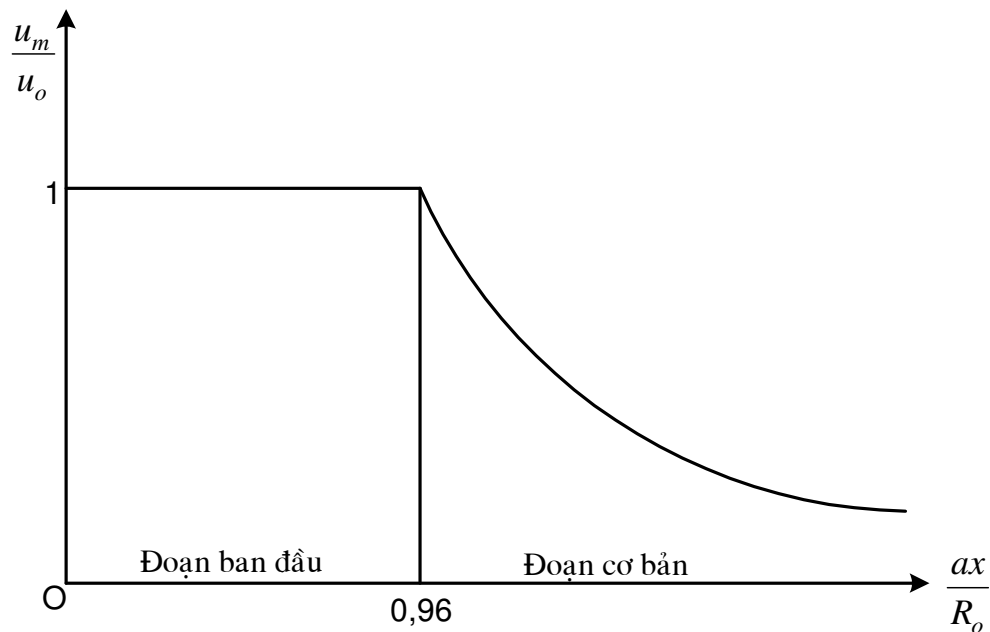
$$R = Cx \quad (8-14)$$

Trong những nghiên cứu về dòng tia, người ta thường chia hệ số C ra hai phần tương ứng đoạn ban đầu (C không biến đổi) đoạn cơ bản ($C=3,4a$ - tài liệu thực nghiệm).

Từ phương trình (8-11) ta có :

$$\frac{R}{R_o} = \frac{3,4x}{R_o} = 3,3 \frac{u_o}{u_m} \quad (8-14)$$

$$\frac{u_m}{u_o} = \frac{3,3R_o}{3,4ax} = 0,96 \frac{R_o}{ax} \quad (8-15)$$



Hình 8-3

Từ biểu thức (8-15) ta thấy vận tốc trên trục dòng tia tắt dần theo quy luật hypecbol (hình 8-3).

c) Chiều dài giới hạn ban đầu x_{bd} và độ sâu h_o của cực dòng phun

Sử dụng phương trình (8-15) để xác định hoành độ x_{bd} với chú ý rằng tại tiết diện quá độ $u_m = u_o$, ta có :

$$x_{bd} = \frac{0,96}{a} R_o \quad (8-16)$$

Chiều sâu cực luồng h_o được xác định từ biểu thức :

$$\frac{R}{R_o} = \frac{3,4ax}{R_o} \quad (8-17)$$

Chú ý đến điều kiện biên : Khi $x = h_o$ thì $R = R_o$; do đó ta rút ra :

$$h_o = \frac{R_o}{3,4a} = 4,15R_o \quad (8-18)$$

Trong đó : $a = 0,07$ - hệ số thực nghiệm.

Khoảng cách từ tiết diện mũi phun đến cuối lõi dòng tia (tiết diện quá độ) :

$$x_H = x_{bd} - h_o = 9,57 R_o \quad (8-19)$$

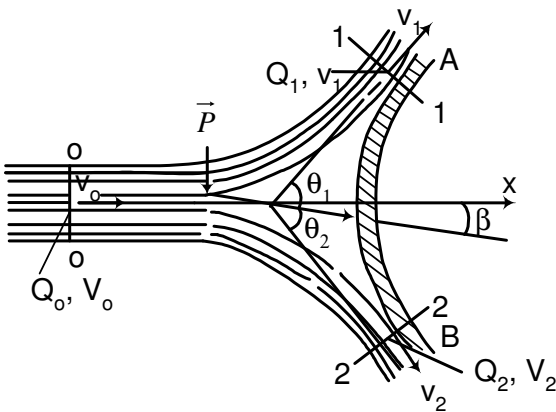
Bảng dưới đây là công thức tính toán đối với dòng tia đối xứng và phẳng ngập theo công thức của Abramovich

Các thông số	Trị số và công thức	
	Dòng tia đối xứng	Dòng tia phẳng
a	0.07	0,09
h_o	$0,29 \frac{R_o}{a}$	$0,41 \frac{b_o}{a}$
x_H	$0,67 \frac{R_o}{a}$	$1,03 \frac{b_o}{a}$
R, b	$\left[3,4 \frac{a(x - h_o)}{R_o} + 1 \right] R_o$	$\left[2,4 \frac{a(x - h_o)}{R_o} + 1 \right] b_o$
u_m	$\frac{0,96u_o}{\frac{a(x - h_o)}{R_o} + 0,29}$	$\frac{1,2u_o}{\sqrt{\frac{a(x - h_o)}{R_o} + 0,41}}$

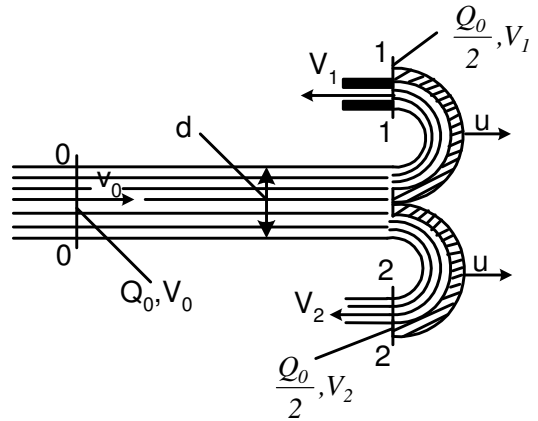
Q	$2,2Q_o \left[\frac{a(x-h_o)}{R_o} + 0,29 \right]$	$1,2Q_o \left[\sqrt{\frac{a(x-h_o)}{R_o} + 0,41} \right]$
-----	---	--

8.3.2. Áp lực của dòng tia lên mặt rắn

Dòng tia thoát ra từ lỗ hoặc vòi có trục nằm ngang x-x gặp trên đường đi của nó vật cản dưới nước dạng mặt rắn cố định AB (hình 8-4) sẽ chia thành hai nhánh chảy dọc theo vật rắn có phương hợp với trục x một góc θ_1 và θ_2 . áp lực \vec{P} của dòng tia tác dụng lên thành hợp với dòng tia một góc β , ngược lại dòng tia chịu một phản lực \vec{R} của vật chắn ($\vec{R} = -\vec{P}$).



Hình 8-4



Hình 8-5

áp dụng phương trình động lượng cho đoạn dòng chảy được xác định bởi các mặt 0-0, 1-1 và 2-2 ta có :

$$\vec{R} + m_o \vec{v}_o = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \tag{8-20}$$

hay hình chiếu lên trục x :

$$R \cos \beta = m_1 v_1 \cos \theta_1 + m_2 v_2 \cos \theta_2 - m_o v_o$$

Trong đó $m_o = Q_o v_o$; $m_1 = Q_1 v_1$; $m_2 = Q_2 v_2$ là khối lượng chất lỏng đi qua mặt cắt 0-0, 1-1, 2-2 trong một đơn vị thời gian.

Từ đó ta có :

$$P = -R = \frac{\rho(Q_o v_o - Q_1 v_1 \cos \theta_1 - Q_2 v_2 \cos \theta_2)}{\cos \beta} \tag{8-21}$$

- Trường hợp thành phẳng đặt vuông góc với trục x, khi đó $\theta_1 = \theta_2$ ta có $Q_1 = Q_2 = Q_o/2$; $v_1 = v_2 = v_o$ và :

$$P = \rho Q_o v_o \tag{8-22}$$

thực tế thì áp lực này bé hơn :

$$P_{thực} = (0,092 \div 0,95)P$$

- Trường hợp thành đối xứng với $\theta_1 = \theta_2 = 0$ ta có $Q_1 = Q_2 = Q_0/2$; $v_1 = v_2 = v_0$ và :

$$P = \rho Q_0 v_0 (1 - \cos \theta) \quad (8-23)$$

nếu $\theta = 180^\circ$ (hình 8-5) khi đó :

$$P = 2\rho Q_0 v_0 \quad (8-24)$$

So sánh kết quả (8-22) với (8-24) ta thấy áp lực dòng tia tác dụng lên mặt lõm đối xứng gồm 2 nửa hình trụ (hay cầu) bằng 2 lần áp lực lên thành phẳng.

Áp lực luồng được sử dụng làm quay bánh xe nước và các tuabin kiểu xung kích (tuabin gàu).

- Trường hợp thành chuyển động với vận tốc u theo phương của v_0 ta có :

$$P = \rho Q (v_0 - u) \quad (8-25)$$

Vì vật chắn vuông góc với dòng tia nên công suất N của dòng tia cung cấp cho vật chắn sẽ là :

$$N = Pu = \rho Q_0 (v_0 - u)u \quad (8-26)$$

Công suất này lớn nhất khi :

$$\frac{dN}{du} = \rho Q_0 (v_0 - 2u) \quad \text{hay} \quad u = \frac{v_0}{2}$$

$$\text{và :} \quad N_{\max} = \frac{1}{4} \rho Q_0 v_0^2 = \frac{1}{2} \frac{\rho Q_0 v_0^2}{2} \quad (8-27)$$

Biểu thức này cho thấy : công suất truyền lớn nhất bằng nửa động năng dòng tia.

- Trong trường hợp cánh cong với $\theta_1 = \theta_2 = 180^\circ$; $u = v_0/2$; áp lực của dòng tia là :

$$P = \rho Q_0 v_0^2 \quad (8-28)$$

và công suất lớn nhất là :

$$N_{\max} = \rho Q_0 \frac{v_0^2}{2} \quad (8-29)$$

cho thấy công suất dòng tia được sử dụng toàn bộ - tuabin cánh cong tận dụng được toàn bộ công suất dòng chảy.

PHẦN II MÁY BƠM

CHƯƠNG IX KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY BƠM

Máy thủy lực là tên gọi chung cho tất cả các máy làm việc trên nguyên tắc trao đổi năng lượng với chất lỏng theo các nguyên lý thủy lực nói riêng và cơ học chất lỏng nói chung. Trong đó người ta phân ra hai loại chính :

- *Máy bơm* : biến đổi cơ năng thành năng lượng của dòng chảy (áp năng và động năng).
- *Tuabin* : nhận năng lượng của dòng chảy thành cơ năng kéo các máy công tác làm việc.

Trong phạm vi giáo trình này chúng ta chỉ nghiên cứu một số loại máy bơm chủ yếu dùng trong nông nghiệp.

9.1. VÀI NÉT VỀ QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN CỦA MÁY BƠM

Từ cổ xưa con người đã gắn liền cuộc sống của mình với nước, đã tìm cách khai thác và sử dụng nước. ở Việt Nam, Ấn độ, Trung quốc..., từ lâu đời đã biết dùng năng lượng dòng nước kéo các cối xay lương thực, máy mài, khoan đá; guồng nước để cung cấp nước cho nương ruộng, đời sống sinh hoạt...

Mãi đến thế kỷ thứ XVII và sau này mới có nhiều nhà bác học nghiên cứu một cách khoa học cơ sở lý thuyết về máy thủy lực nói chung và máy bơm nói riêng.

Năm 1640 nhà vật lý học người Đức Otto-Henrich đã sáng chế ra bơm pittông đầu tiên để bơm khí và nước dùng trong công nghiệp. Lomonoxop (1711-1765) là người đầu tiên dùng lý luận cơ học chất lỏng để cải tạo kết cấu guồng nước có từ ngàn xưa, nâng cao hiệu suất và công suất của nó.

Öle (1707-1783) đã viết về lý thuyết cơ bản của tuabin nước nói riêng và máy thủy lực cánh dẫn nói chung làm cơ sở cho các nhà bác học Phuocnayron, Xablucop, Jucopski... phát minh ra tua bin nước và bơm ly tâm ở đầu thế kỷ XIX là những bước nhảy lớn trong lịch sử các máy năng lượng.

Đặc biệt trong vòng 50 năm gần đây, lý thuyết về thuỷ khí động lực phát triển rất mạnh, có nhiều thành tựu to lớn và việc áp dụng những thành quả phát minh này trong lĩnh vực máy bơm vô cùng phong phú.

Ngày nay, với tốc độ phát triển vũ bão của KHKT, đặc biệt là khoa học công nghệ, máy bơm có rất nhiều loại với nhiều kiểu khác nhau có cấu trúc ngày càng hoàn thiện, có hiệu suất ngày càng cao nhằm đáp ứng ngày càng đầy đủ mọi yêu cầu đòi hỏi của mọi lĩnh vực sản xuất đời sống và quốc phòng.

9.2. CÔNG DỤNG VÀ PHÂN LOẠI

Máy bơm được ứng dụng rất rộng rãi trong các lĩnh vực sản xuất và sinh hoạt. Trong công nghiệp, bơm để cấp thoát nước, bơm các loại nguyên liệu lỏng ở các nhà máy cơ khí hoá chất, bơm dùng trong các công trình khai thác và vận chuyển quặng, dầu mỏ.v.v... Trong công nghiệp cơ khí, bơm được sử dụng phổ biến trong các hệ thống bôi trơn, làm nguội, nâng hạ, điều khiển, truyền động thuỷ lực...

Trong nông nghiệp; bơm được dùng rộng rãi trong các hệ thống thuỷ lợi để tưới tiêu nước cho cây trồng, cung cấp nước cho chuồng trại chăn nuôi, cơ sở chế biến nông sản phẩm...

Ngoài ra bơm cũng được dùng rộng rãi trong các lĩnh vực giao thông vận tải, quốc phòng và sinh hoạt.

Để tiện cho việc thiết kế, chế tạo và sử dụng, bơm được phân loại như sau :

a - Theo nguyên lý làm việc :

- Bơm cánh dẫn : Bơm ly tâm, bơm hướng trục.
- Bơm thể tích : bơm pittong, bơm rôto..vv...
- Bơm làm việc theo nguyên lý đặc biệt : Bơm nước va, bơm khí ép, bơm phun tia..vv...

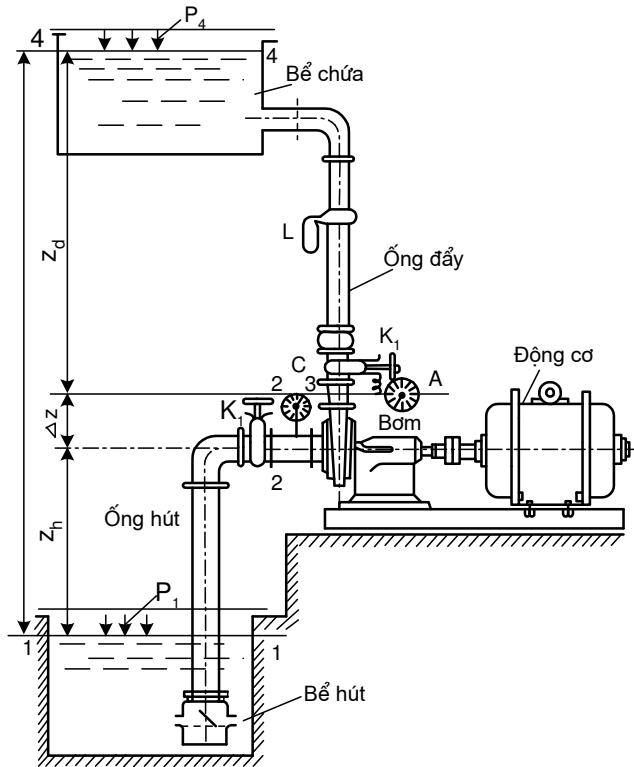
b - Theo công dụng, bơm được phân loại thành :

- Bơm cấp thoát nước
- Bơm nhiên liệu
- Bơm hoá chất
- Bơm cứu hoả..vv...

c - Ngoài ra theo phạm vi cột áp hoặc lưu lượng, người ta còn chia bơm thành các loại : bơm có cột áp cao, thấp, trung bình hoặc bơm có lưu lượng lớn, trung bình, nhỏ.

9.3. CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA BƠM

Ta xét một trường hợp cụ thể, bơm làm việc trong một hệ thống đường ống (hình 9-1).



Hình 9 -1

C - Chân không kế (Vacummet), lắp ở miệng vào của bơm

A - áp kế (manomet), lắp ở miệng ra của bơm

K_1 - Khoá trên ống hút

K_2 - Khoá trên ống đẩy

L - Dụng cụ đo lưu lượng

Khi bơm làm việc, chất lỏng từ bể hút qua lưới chắn rác theo ống hút đi vào bơm. Sau khi đi qua bơm, chất lỏng được cung cấp thêm năng lượng chảy vào ống đẩy lên bể chứa.

9.3.1. Lưu lượng

Lưu lượng của bơm là lượng chất lỏng do bơm chuyển đi trong một đơn vị thời gian, ký hiệu là Q , đơn vị đo : m^3/h , m^3/s , l/s .

9.3.2. Cột áp

Z_h - Chiều cao hút là chiều cao từ mặt thoáng bể hút đến trục bơm;

Z_d - Chiều cao đẩy là chiều cao từ miệng ra của bơm đến mặt thoáng của bể chứa;

ΔZ - Chênh lệch độ cao giữa miệng vào và miệng ra của bơm;

Z - Cao trình của bơm (chiều cao dâng chất lỏng của bơm) là độ chênh lệch giữa hai mặt thoáng bể hút và bể chứa;

P_1 - áp suất trên mặt thoáng bể hút

P_2 - áp suất tại miệng vào của bơm

P_3 - áp suất tại miệng ra của bơm

P_4 - áp suất trên mặt thoáng bể chứa

Cột áp của bơm là năng lượng đơn vị mà bơm truyền được cho chất lỏng (thường ký hiệu bằng chữ H , đơn vị đo : m cột chất lỏng).

Từ sơ đồ hệ thống làm việc của bơm (hình 9-1) ta có :

$$\begin{aligned}
 H &= E_3 - E_2 \\
 H &= \left(\frac{p_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + Z_h + \Delta Z \right) - \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_h \right) \\
 H &= \frac{p_3 - p_2}{\gamma} + \frac{V_3^2 - V_2^2}{2g} + \Delta Z \quad (9-1)
 \end{aligned}$$

ở đây p_2, p_3 là những áp suất tuyệt đối, có thể được xác định thông qua dụng cụ đo áp suất dư (áp kế, chân không kế) như sau :

$$p_2 = p_a - p_{ck}$$

$$p_3 = p_a - p_{ak}$$

Thay vào (9-1) ta được :

$$H = \frac{p_{ak} + p_{ck}}{\gamma} + \frac{V_3^2 - V_2^2}{2g} + \Delta Z \quad (9-2)$$

Khi không có các số liệu đo được cụ thể của bơm đang làm việc (p_{ak}, p_{ck}) mà chỉ có các số liệu yêu cầu của hệ thống trong đó bơm sẽ làm việc (p_1, p_2, Z, \dots) thì có thể tính cột áp yêu cầu của bơm như sau :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} &= Z_h + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{wh} \\
 \text{hay :} \quad \frac{p_2}{\gamma} &= \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} - \left(Z_h + \frac{V_2^2}{2g} + h_{wh} \right) \quad (9-3)
 \end{aligned}$$

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 3-3 và 4-4, mặt chuẩn là 3-3 có :

$$\begin{aligned}
 \frac{p_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} &= Z_d + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g} + h_{wd} \\
 \text{Suy ra :} \quad \frac{p_3}{\gamma} &= \frac{p_4}{\gamma} + Z_d + \frac{V_4^2}{2g} + h_{wd} - \frac{V_3^2}{2g} \quad (9-4)
 \end{aligned}$$

Thay (9-3), (9-4) vào (9-1) ta tìm được cột áp yêu cầu của bơm :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + Z_d + Z_h + \Delta Z + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2g} + h_{wd} + h_{wh} \\
 \text{hay :} \quad H &= \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + Z + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2g} + \sum h_w \quad (9-5)
 \end{aligned}$$

Từ đây ta nhận thấy cột áp yêu cầu của bơm cần phải khắc phục được :

- Độ cao hình học của bơm (độ chênh lệch mặt thoáng chất lỏng ở bể chứa và bể hút)

- Độ chênh áp suất trên mặt thoáng ở bể chứa và bể hút
- Độ chênh động năng giữa mặt thoáng bể chứa và bể hút
- Tổn thất năng lượng trong ống đẩy và ống hút.

Phương trình (9-5) cho ta biết cột áp của bơm làm việc trong một hệ thống. Đó cũng chính là cột áp của hệ thống. Ta cũng có thể viết :

$$H = H_t + H_d \quad (9-6)$$

Trong đó : $H_t = \frac{P_4 - P_1}{\gamma} + Z$ - Cột áp tĩnh của hệ thống.

$$H_d = \sum h_w + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2g} \quad - \text{Cột áp động của hệ thống.}$$

Trường hợp áp suất trên mặt thoáng bể hút và bể chứa đều bằng áp suất khí quyển và vận tốc trong ống đẩy và ống hút bằng nhau ta có :

$$H = Z + \sum h_w \quad (9-7)$$

Chúng ta thường dùng công thức (9-7) để xác định cột áp tính toán, khi thiết kế trạm bơm.

9.3.3. Công suất và hiệu suất

Công suất thủy lực N_{tl} (công suất hữu ích) của bơm là công suất dùng để truyền trọng lượng của lưu lượng Q với cột áp H :

$$N_{tl} = \frac{\gamma QH}{1000} \quad (\text{Kw}) \quad (9-8)$$

Trong đó :

γ - Trọng lượng riêng của chất lỏng (N/m³)

Q - Lưu lượng của bơm (m³/S)

H - Cột áp toàn phần của bơm (mH₂O)

Công suất đòi hỏi trên trục của bơm cần phải lớn hơn công suất thủy lực N_{tl} vì bơm phải tiêu hao một phần năng lượng để bù vào các tổn thất thủy lực, tổn thất ma sát giữa các bộ phận làm việc của bơm...

$$N = \frac{N_{tl}}{\eta} = \frac{\gamma QH}{1000\eta} \quad [\text{kw}] \quad (9-9)$$

$\eta < 1$ - hiệu suất toàn phần của bơm (tính bằng %).

$$\eta = \frac{N_{tl}}{N} = \eta_H \eta_Q \eta_C \quad (9-10)$$

Trong đó : η_H - hiệu suất thủy lực

η_Q - hiệu suất lưu lượng

η_C - hiệu suất cơ khí.

Khi chọn động cơ để kéo bơm, cần phải chọn công suất động cơ N_{dc} lớn hơn công suất tại trục bơm để đề phòng các trường hợp quá tải bất thường và bù vào tổn thất do truyền động từ động cơ đến bơm.

$$N_{dc} = \frac{kN}{\eta_r} \quad (9-11)$$

Trong đó :

$k > 1$ - Hệ số an toàn phụ thuộc vào từng loại bơm, động cơ và công suất làm việc.

η_r - Hiệu suất truyền từ động cơ đến trạm bơm.

9.3.4. Chiều cao hút cho phép của bơm. Hiện tượng xâm thực

Bất kỳ một loại bơm nào khi làm việc cũng có hai quá trình hút và đẩy chất lỏng. Quá trình hút chất lỏng, bơm phải tạo được độ chênh áp suất nhất định giữa miệng hút của bơm và mặt thoáng bể hút.

$$H_h = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \quad (9-12)$$

Nếu $p_1 = p_a$ thì cột áp hút chính bằng cột áp chân không tại lối vào của bơm :

$$H_h = H_{ck} = \frac{p_a - p_2}{\gamma} \quad (9-13)$$

Từ (9-3) có thể viết:

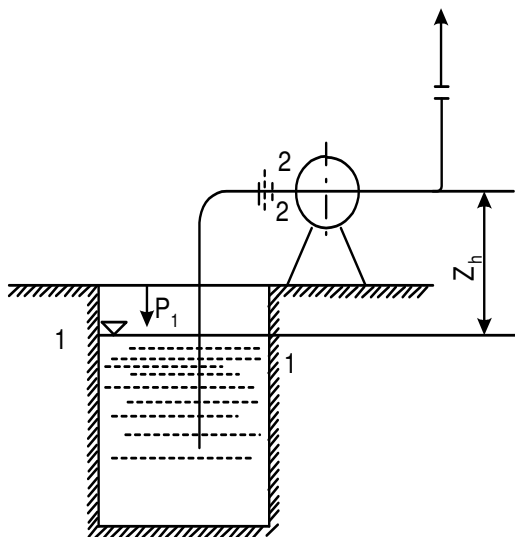
$$H_{CK} = \frac{p_a - p_2}{\gamma} = Z_h + \frac{V_2^2}{2g} + h_{wh} \quad (9-14)$$

Ta nhận thấy cột áp hút của bơm tùy thuộc vào trị số của áp suất trên mặt thoáng của bể hút mà áp suất này có giới hạn nhất định.

Trong trường hợp $p_1 = p_a$, theo (9-14) khả năng hút tối đa của bơm ứng với $p_2 = 0$ là:

$$H_h = H_{ckmax} = \frac{p_a}{\gamma} = 10 \text{ m } H_2O.$$

Biết rằng áp suất khí quyển p_a phụ thuộc vào độ cao tại vị trí đó so với mặt nước biển (bảng 9-1).



Hình 9-2

Thực tế thì cột áp hút lớn nhất của bơm (khi $p_1 = p_a$) không bao giờ đạt được đến $10mH_2O$ vì áp suất tại miệng vào của bơm không thể bằng 0 được. Khi p_2 nhỏ đến một mức nào đó bằng áp suất bay hơi bão hòa (p_H) của chất lỏng thì sẽ gây ra hiện tượng xâm thực trong bơm.

Bảng 9-1

Độ cao trên mặt biển m	-600	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
$\frac{p_a}{\gamma}, m$	11,3	10,3	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	8,6	8,2

Trị giá của p_H phụ thuộc vào nhiệt độ của chất lỏng làm việc (bảng 9-2)

Bảng 9-2

Nhiệt độ t ^o c	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{p_H}{\gamma}, m$	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,00	3,17	4,80	7,10	10,33

Vậy điều kiện để cho bơm làm việc được là :

$$H_h = Z_h + \frac{v_2^2}{2g} + h_{wh} < H_{CK \max} = \frac{p_a - p_H}{\gamma} \quad (9-15)$$

Từ đó ta xác định được chiều cao hút cho phép ($[Z_h]$) của bơm là

$$[Z_h] = \frac{p_a}{\gamma} - \left(\frac{p_H}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{wh} + \Delta h \right) \quad (9-16)$$

ở đây : Δh - cột áp chống xâm thực được xác định bằng thực nghiệm.

Trong trường hợp quan hệ (9-15) không thoả mãn (nghĩa là $p_2 \leq p_H$), sẽ xảy ra hiện tượng chất lỏng bắt đầu bay hơi, gián đoạn dòng chảy và bơm không làm việc được. Hiện tượng đó gọi chung là hiện tượng xâm thực.

Sự xâm thực là quá trình hiện tượng phức tạp xảy ra trong bơm:

- Sự bay hơi và hoà tan hơi trong chất lỏng ở tất cả các vùng có áp suất bằng hay nhỏ hơn áp suất bay hơi bão hoà.
- Sự tăng cao tức thời tốc độ chuyển động của chất lỏng tại chỗ gây nên sự bay hơi và làm chất lỏng chuyển động hỗn độn.
- Ngừng tụ những bọt hơi nước chảy trong dòng chất lỏng ở vùng có áp suất cao. Sự ngừng tụ bọt hơi nước làm giảm đột ngột thể tích và gây ra va đập thuỷ lực trong những vùng cực nhỏ, phá hoại cơ học bộ phận làm việc của máy bơm.
- Sự ăn mòn hoá học kim loại trong vùng xâm thực bằng ôxy của không khí, sinh ra từ chất lỏng, khi nó đi qua vùng có áp suất thấp.

Sự ăn mòn tác dụng đồng thời với phá hoại cơ học làm giảm độ bền các chi tiết của bơm bằng kim loại.

Sự xâm thực làm giảm hiệu suất, cột áp, năng suất bơm và dẫn đến bơm không làm việc được.

Để ngăn ngừa hiện tượng xâm thực, nâng cao chiều cao hút cho phép của bơm, từ (9-16) ta nhận thấy chiều cao hút của bơm giảm nếu :

- Hạ thấp áp suất trên mặt thoáng của chất lỏng trong bể hút.
- Tăng cao áp suất bay hơi bão hoà do tăng nhiệt độ chất lỏng hút
- Tăng vận tốc chất lỏng chỗ đi vào bánh công tác.
- Tăng cột áp chống xâm thực.

Chương X

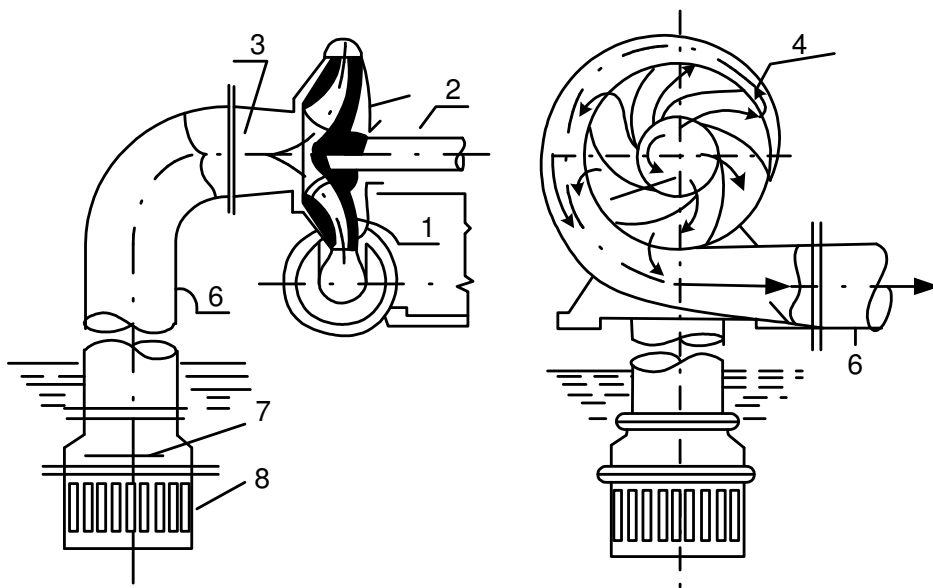
BƠM LY TÂM

10.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Bơm ly tâm thuộc loại bơm cánh dẫn được sử dụng rộng rãi do có những ưu điểm sau :

- Cấu tạo đơn giản và chắc chắn, tháo lắp tiện lợi, trọng lượng kích thước không lớn khi có năng suất lớn, diện tích đặt máy không lớn và nền máy đơn giản.
- Nối trực tiếp với động cơ điện hoặc tuốc bin hơi thích ứng với kích thước của tất cả trạm bơm và nâng cao hiệu suất của liên hợp bơm.
- Khởi động bơm nhanh và điều chỉnh đơn giản trong khoảng lưu lượng lớn.
- Truyền nước đều và liên tục. Có thể bơm được nhiều loại chất lỏng khác nhau, hỗn hợp chất lỏng và chất rắn.
- Giá thành tương đối rẻ, sử dụng đơn giản, tiện lợi.

Xét sơ đồ kết cấu của một bơm ly tâm đơn giản (Hình 10-1).



Hình 10-1

Bộ phận cơ bản và quan trọng nhất là bánh công tác 1 đặt trên trục 2.

Bánh công tác gồm có những bản lá uốn cong đặt trong buồng xoắn cố định. Ở đầu bộ phận dẫn hướng vào 3 có ống hút 5 có lắp van một chiều 7 và lưới chắn rác 8. Ở bộ phận dẫn hướng ra của buồng xoắn 4 có ống đẩy 6.

Trước khi khởi động bơm, phải đổ đầy chất lỏng vào bơm (mỗi bơm) khi bơm làm việc bánh công tác quay, các phần tử chất lỏng ở trong rãnh của bánh công tác dưới ảnh hưởng của lực ly tâm bị dồn từ trong ra ngoài, chuyển động theo máng dẫn và đi vào ống đẩy với áp suất cao hơn. Đồng thời lối vào của bánh công tác tạo nên một vùng có chân không và dưới tác dụng của áp suất trong bể chứa lớn hơn áp suất ở lối vào của bơm, chất lỏng ở bể hút liên tục bị đẩy vào bơm theo ống hút. Quá trình hút và đẩy của bơm là quá trình liên tục, tạo nên dòng chảy liên tục qua bơm.

Để tiện cho việc thiết kế, chế tạo và sử dụng, bơm được phân loại như sau:

Phân loại theo cột áp của bơm:

- Bơm cột áp thấp : $H < 20m$ cột nước
- Bơm cột áp trung bình : $H = (20 \div 60)m$ cột nước
- Bơm cột áp cao : $H > 60m$ cột nước.

Phân loại theo số lượng bánh công tác lắp nối tiếp trong bơm:

- Bơm một cấp (một bánh công tác): cột áp của bơm hạn chế ($\leq 10m$ cột nước) bởi số vòng quay và sức bền vật liệu cánh dẫn.
- Bơm nhiều cấp: gồm 2 hay nhiều bánh công tác mắc nối tiếp nhằm nâng cao cột áp của bơm.

Phân loại theo cách dẫn chất lỏng vào bánh công tác:

- Bơm một miệng hút - bơm có bánh công tác hút chất lỏng từ 1 phía (còn gọi là bơm Congxon). Cách hút này lưu lượng hạn chế, phát sinh lực dọc trục.

- Bơm hai miệng hút - Bơm có bánh công tác hút chất lỏng từ hai phía, cách hút này lưu lượng bơm tăng gấp đôi, không gây lực hướng trục, bơm làm việc ổn định, bền vững hơn.

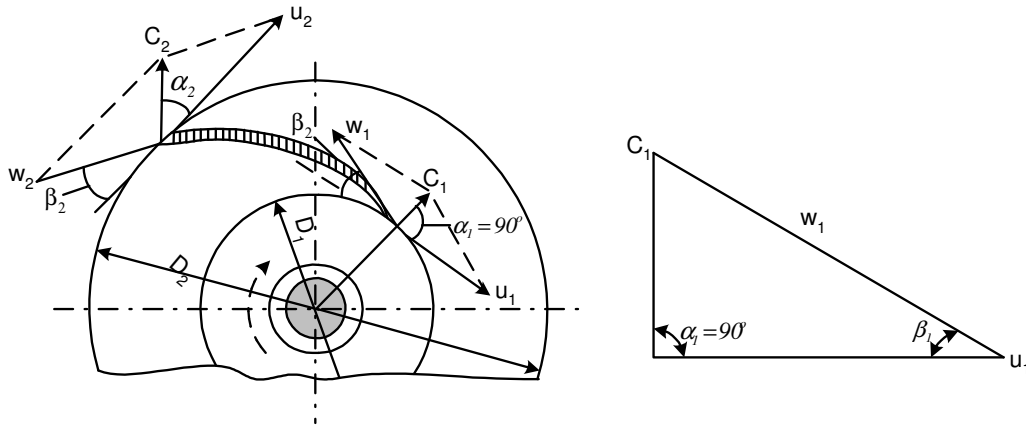
Ngoài ra còn phân loại theo sự bố trí của trục bơm: bơm trục ngang, bơm trục đứng. Theo điều kiện chảy của chất lỏng vào bơm: loại có cơ cấu dẫn hướng và không có cơ cấu dẫn hướng...

10.2. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VỀ BƠM LY TÂM

10.2.1. Phương trình cơ bản của bơm ly tâm

Để thiết lập được phương trình cơ bản của bơm, ta giả thiết khi bơm làm việc không có tổn thất thủy lực và bánh công tác có vô số bản lá. Điều đó cho phép ta xem dòng chảy trong bánh công tác gồm những dòng nguyên tố và tốc độ của những chất điểm trên bề mặt dòng nguyên tố được xác định như nhau.

Ứng dụng phương trình mô men động lượng (đã đề cập đến ở Chương IV) Đối với bơm ta có biểu thức mô men quay của trục (Hình 10-2):



Hình 10-2

$$M = \rho Q_T (c_2 l_2 - c_1 l_1) = \rho Q_T (C_2 R_2 \cos \alpha_2 - C_1 R_1 \cos \alpha_1)$$

Công suất trên trục của bánh công tác: $N = M\omega$; ω - vận tốc góc.

Công suất thủy lực: $N_{tl} = \gamma Q H_T$; H_T - Cột áp lý thuyết.

Vì bỏ qua tổn thất thủy lực: $N = N_{tl}$, nghĩa là $\rho g Q_T H_T = M \omega$

Suy ra:
$$H_T = \frac{C_2 R_2 \cos \alpha_2 - C_1 R_1 \cos \alpha_1}{g}$$

Vì: $\omega R_1 = u_1$; $\omega R_2 = u_2$ - vận tốc theo chiều quay

$\varphi \cos \alpha_1 = C_{1u}$; $C_2 \cos \alpha_2 = C_{2u}$ - Thành phần vận tốc tuyệt đối chiếu theo phương u ,
nên:

$$H_T = \frac{u_2 C_{2u} - u_1 C_{1u}}{g} \quad (10-1)$$

Đó là phương trình cơ bản của bơm ly tâm hay còn gọi là phương trình Ôle của bơm.

Trong các bơm ly tâm hiện đại $\vec{C}_1 \perp \vec{u}_1 \rightarrow \alpha_1 = 90^\circ \rightarrow C_{1u} = 0$ (để cột áp của bơm có lợi nhất) nên ta có :

$$H_T = \frac{u_2 C_{2u}}{g} \quad (10-2)$$

Xét phương trình (10-2) ta thấy cột áp của bơm càng lớn khi tốc độ quay vành ngoài của bánh công tác càng lớn và hình chiếu của tốc độ tuyệt đối trên phương tốc độ quay càng lớn (α_2 nhỏ, β_2 lớn).

Cột áp thực tế của bơm ly tâm nhỏ hơn cột áp lý thuyết do 2 nguyên nhân:

Do tổn thất thủy lực trong bơm; Do có số bản lá nhất định nên không phải tất cả các chất điểm của chất lỏng đều chuyển động bằng nhau.

Nó làm giảm tốc độ tuyệt đối hay hình chiếu của tốc độ tuyệt đối trên phương tốc độ quay.

Vậy phương trình để tính cột áp thực tế của bơm có dạng.

$$H = K \eta_t \frac{u_2 C_{2u}}{g}$$

Trong đó: H - Cột áp toàn phần của bơm

η_t - Hiệu suất thủy lực của bơm, phụ thuộc vào cấu tạo bơm, chất lượng chế tạo các chi tiết bơm và kích thước bơm.

K - Hệ số có tính đến số bản lá nhất định.

10.2.2. Ảnh hưởng của kết cấu cánh dẫn đến cột áp của bơm ly tâm

Kết cấu của bánh công tác nói chung và cánh dẫn nói riêng có ảnh hưởng quyết định đến cột áp của bơm ly tâm. Hình dạng bố trí kết cấu của cánh dẫn chủ yếu phụ thuộc vào góc β_1 (góc vào) và β_2 (góc ra).

- Ảnh hưởng của β_1 :

Góc β_1 biểu thị phương của vận tốc tương đối ở lối vào của bánh công tác. Như ta đã biết, trường hợp có lợi nhất về cột áp của bơm là $\alpha_1 = 90^\circ$, do đó β_1 chỉ phụ thuộc vào u_1 và C_1 (Hình 11-2):

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{C_1}{u_1}$$

Theo (11-2) thì góc vào β_1 không ảnh hưởng trực tiếp đến cột áp của bơm. Nhưng nếu trị số góc β_1 không thích hợp thì sẽ gây va đập dòng chảy với cánh dẫn ở lối vào bánh công tác, ảnh hưởng xấu đến hiệu suất, cột áp của bơm (thường $\beta_1 \approx 15 \div 30^\circ$).

- Ảnh hưởng của β_2 :

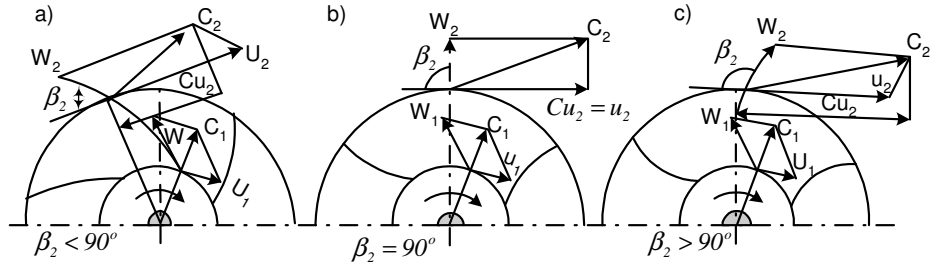
Góc β_2 biểu thị phương của vận tốc ở lối ra của bánh công tác (Hình 10-2). Lý thuyết và thực nghiệm chứng tỏ góc β_2 có ảnh hưởng trực tiếp đến phương và trị số các thành phần vận tốc của dòng chảy trong máng dẫn, do đó có ảnh hưởng quyết định đến cột áp toàn phần H_T và các cột áp thành phần H_1 , H_d của bơm.

Tùy theo trị số của β_2 , bánh công tác có ba cách bố trí cánh dẫn sau đây :

$\beta_2 < 90^\circ$ - Cánh dẫn cong về phía sau (Hình 10-3a)

$\beta_2 = 90^\circ$ - Cánh dẫn hướng kính ở lối ra (Hình 10-3b)

$\beta_2 > 90^\circ$ - Cánh dẫn cong về phía trước (Hình 10-3c)



Hình 10-3

Từ (10-2) ta xác định trị số cột áp động của bơm theo công thức :

$$H_d = \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \quad (10-3)$$

trong đó : C_1 và C_2 - tốc độ tuyệt đối của chất lỏng vào và ra khỏi bánh công tác.

Trong cấu trúc của bơm, thường thiết kế sao cho $C_1 = C_{2r}$.

Phương trình (10-3) được viết lại như sau :

$$H_d = \frac{C_2^2 - C_{2r}^2}{2g} = \frac{C_{2u}^2}{2g}$$

Mà cột áp toàn phần của bơm từ (10-2) có dạng :

$$H_T = \frac{u_2 C_{2u}}{g}$$

- Nếu $\beta_2 < 90^\circ$ thì $C_{2u} < u_2$ do đó $C_{2u}^2 < u_2 C_{2u}$

và $\frac{C_{2u}^2}{2g} < \frac{1}{2} \frac{u_2 C_{2u}}{g}$

Nghĩa là $H_d < 1/2 H_T$ (Cột áp động học nhỏ hơn một nửa cột áp toàn phần)

- Nếu $\beta_2 = 90^\circ$ thì $C_{2u} = u_2$, do đó

$$\frac{C_{2u}^2}{2g} = \frac{1}{2} \frac{u_2 C_{2u}}{g}$$

hay $H_d = 1/2 H_T$ (Cột áp động học bằng cột áp tĩnh học)

- Nếu $\beta_2 > 90^\circ$ thì $C_{2u} > u_2$ do đó $C_{2u}^2 > C_{2u} u_2$

$$\frac{C_{2u}^2}{2g} > \frac{1}{2} \frac{C_{2u} u_2}{g}$$

$H_d > 1/2 H_T$ (Cột áp động học lớn hơn một nửa cột áp toàn phần)

Nhiệm vụ của bơm là tạo thành cột áp tĩnh học để truyền nước đi xa hoặc lên cao. Vì vậy bánh công tác của bơm ly tâm có cánh dẫn cong về phía sau (Nếu $\beta_2 < 90^\circ$) có lợi hơn về cột áp tĩnh học. Tuy nhiên trị số β_2 xác định trong một giới hạn nhất định ($\beta_2 = 15 \div 30^\circ$).

10.3. ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA BƠM LY TÂM

Các quan hệ $H = f_1(Q)$; $N = f_2(Q)$; $\eta = f_3(Q)$ biểu thị dưới dạng đồ thị gọi là các đường đặc tính của bơm.

Có 2 phương pháp xây dựng các đường đặc tính: bằng lý thuyết và thực nghiệm.

11.3.1. Đường đặc tính làm việc ($n = const$)

a - Đường đặc tính lý thuyết :

Từ phương trình cơ bản, ta có thể xây dựng đường đặc tính lý thuyết của bơm.

$$H_T = \frac{u_2 C_{2u}}{g}$$

Xét tam giác vận tốc (Hình 10-4) ta có :

$$C_{2u} = u_2 - C_{2r} \cotg \beta_2$$

Mặt khác :

$$C_{2u} = \frac{Q_T}{\pi D_2 b_2 \varphi_2}$$

φ_2 - Hệ số tính đến sự giới hạn mặt cắt đi ra do có các cánh dẫn ($\varphi_2 < 1$)

Do đó :

$$H_T = \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2 \cot g \beta_2}{\pi D_2 b_2 \varphi_2} Q_T$$

$$H_T = A - B \cot g \beta_2 Q_T$$

trong đó A, B là những hằng số dương.

Đường biểu diễn phương trình này gọi là đường đặc tính cơ bản lý thuyết, đó là một đường thẳng không qua gốc tọa độ, hệ số góc của nó phụ thuộc vào trị số góc β_2 (Hình 10-5)

Nếu $\beta_2 < 90^\circ$ thì $\cot g \beta_2 > 0$, ta có đường AD

Nếu $\beta_2 = 90^\circ$ thì $\cot g \beta_2 = 0$, ta có đường AC

Nếu $\beta_2 > 90^\circ$ thì $\cot g \beta_2 < 0$, ta có đường AB

Như đã phân tích ở trên đối với bơm ly tâm thì $\beta_2 < 90^\circ$, do đó đường đặc tính lý thuyết của bơm là đường nghịch biến bậc nhất AD .

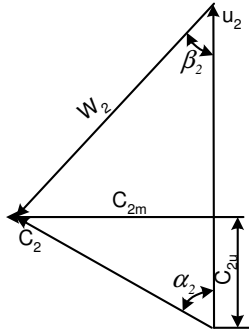
Cần chú ý đường đặc tính lý thuyết AD biểu diễn phương trình cơ bản (11-2) trong đó chưa kể tới ảnh hưởng của số cánh dẫn có hạn và các loại tổn thất Khi kể tới ảnh hưởng do số cánh dẫn có hạn, đường đặc tính trở thành đoạn thẳng $A'D'$.

$$H'_T = KH_T$$

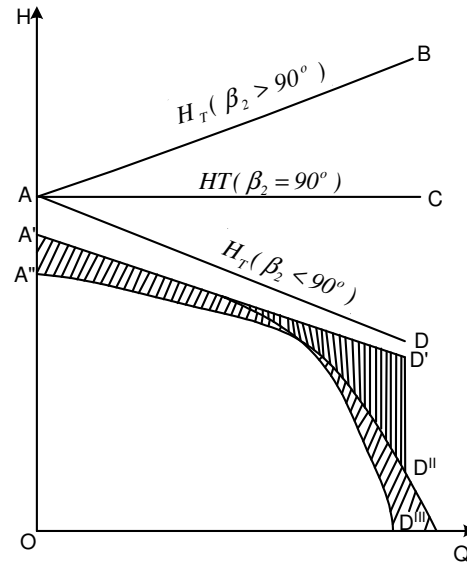
trong đó $K < 1$ - hệ số kể tới ảnh hưởng của số cánh dẫn có hạn.

Khi kể tới các loại tổn thất thủy lực của dòng chảy qua bánh công tác các loại tổn thất này đều tỷ lệ với bình phương của vận tốc, tức là với bình phương của lưu lượng, thì đường đặc tính là đường cong bậc hai $A'D''$.

Khi kể đến các loại tổn thất cơ học và lưu lượng thì đường đặc tính $A''D'''$ thấp hơn một chút so với $A'D''$. Đường $A''D'''$ chính là đường đặc tính cơ bản tính toán của bơm ly tâm.



Hình 10-4.



Hình 10-5.

Cách xây dựng đường đặc tính bằng tính toán rất phức tạp vì việc đánh giá chính xác các loại tổn thất của bơm hiện nay còn gặp nhiều khó khăn. Bởi vậy trong kỹ thuật thường xây dựng các đường đặc tính bằng các số liệu đo được khi khảo nghiệm trên các máy cụ thể - đường đặc tính thực nghiệm.

b - Đường đặc tính thực nghiệm.

Muốn xây dựng các đường đặc tính thực nghiệm của bơm ly tâm thì phải cho bơm làm việc trong một hệ thống thí nghiệm (Hình 10-6).

Trình tự khảo nghiệm như sau :

Đầu tiên mở khoá 2, cho bơm làm việc cho đến khi số vòng quay của trục bơm đạt tới trị số yêu cầu, trong khi đó khoá 5 vẫn đóng ($Q = 0$). Từ các trị số đo được lúc này ở áp kế và chân không kế ta xác định được cột áp H của bơm ở chế độ “không tải”.

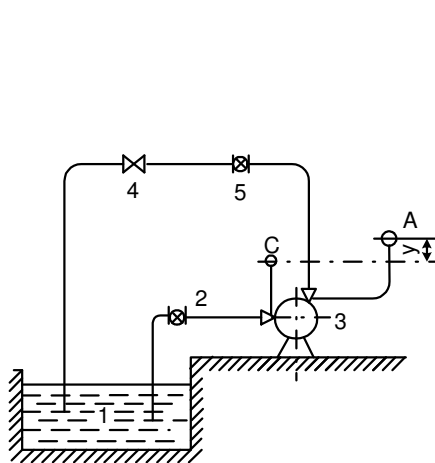
Sau đó mở dần khoá 5 để tăng lưu lượng của bơm (trong khi $n = \text{const}$). Ứng với mỗi vị trí mở của khoá 5 ứng với mỗi trị số lưu lượng Q , ta xác định được các trị số cột áp H , công suất của động cơ N_{dc} tương ứng.

Trình tự thí nghiệm cũng có thể tiến hành ngược lại từ chế độ làm việc có Q lớn nhất, sau đó giảm dần (bằng cách đóng dần khoá 5) cho đến chế độ “không tải” ($Q = 0$).

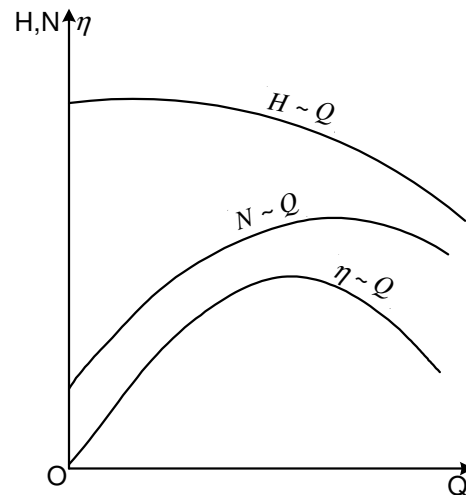
Tại mỗi điểm làm việc ứng với Q, H nhất định ta xác định được công suất thuỷ lực của bơm (N_H) tương ứng. So sánh công suất thuỷ lực với công suất đo được trên trục bơm ta xác định được hiệu suất của bơm η .

Như vậy từ các số liệu thí nghiệm, ta có thể xây dựng được các đường đặc tính thực nghiệm của bơm $H - Q, N - Q, \eta - Q$ (Hình 10-7).

Các đường đặc tính thực nghiệm nói chung không trùng với đường đặc tính lý thuyết đối với một bơm cụ thể. Điều đó có thể lý giải là trong lý thuyết tính toán không thể đánh giá hoàn toàn chính xác các loại tổn thất trong bơm so với thực tế.



Hình 10-6.



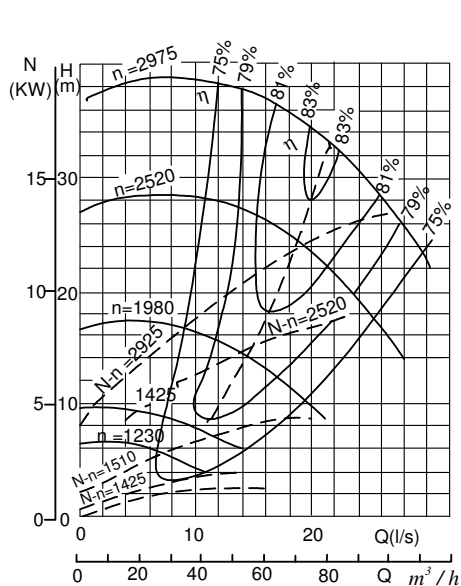
Hình 10-7.

Các đường đặc tính thực nghiệm trên thường được ghi trong các tài liệu kỹ thuật của bơm. Đối với bơm ly tâm, thường có thêm đường biểu diễn quan hệ độ chân không hút cho phép với lưu lượng $[H_{ck}] = f(Q)$.

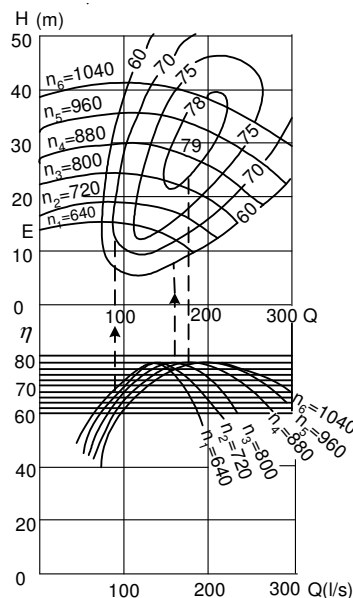
11.3.2. Đường đặc tính tổng hợp ($n = var$)

Để xác định được nhanh chóng các thông số Q , η , N của bơm thay đổi như thế nào khi số vòng quay làm việc của bơm thay đổi, người ta xây dựng đường đặc tính tổng hợp của bơm (Hình 10-8).

Đường đặc tính tổng hợp của bơm chính là đường biểu diễn quan hệ $Q - H$ với các số vòng quay làm việc của bơm khác nhau, trên đó các điểm làm việc cùng hiệu suất được nối với nhau thành những đường cong, gọi là đường cùng hiệu suất.



Hình 10-8



Hình 10-9

Để xây dựng đường đặc tính tổng hợp, cần phải có các đường đặc tính làm việc ứng với nhiều số vòng quay khác nhau của bơm. Trên hình 10-9 biểu thị các đường đặc tính $H - Q$, $\eta - Q$ ứng với nhiều số vòng quay.

Căn cứ vào đường đặc tính tổng hợp của bơm ly tâm, ta có thể chọn chế độ làm việc thích hợp nhất trong khi điều chỉnh bơm, xác định được khả năng làm việc của bơm khi chọn mua bơm.

10.4. ĐIỂM LÀM VIỆC, ĐIỀU CHỈNH BƠM

10.4.1. Điểm làm việc

Bơm bao giờ cũng làm việc trong một hệ thống đường ống cụ thể nào đấy. Do đó ta cần phải xác định chế độ làm việc của bơm. Theo (10 - 7) có thể xác định được cột áp của bơm làm việc trong một hệ thống (Đó cũng chính là cột áp của hệ thống):

$$H = Z + \sum h_w$$

trong đó :

Z - Độ cao hình học của bơm; $\sum h_w$ - Tổng thất năng lượng trong ống hút và ống đẩy của bơm. Như đã biết trong thuỷ lực $\sum h_w$ phụ thuộc vào đường kính, chiều dài ống dẫn, lưu lượng truyền trong ống dẫn, vật liệu và trạng thái ống dẫn.

$$\sum h_w = A Q^2$$

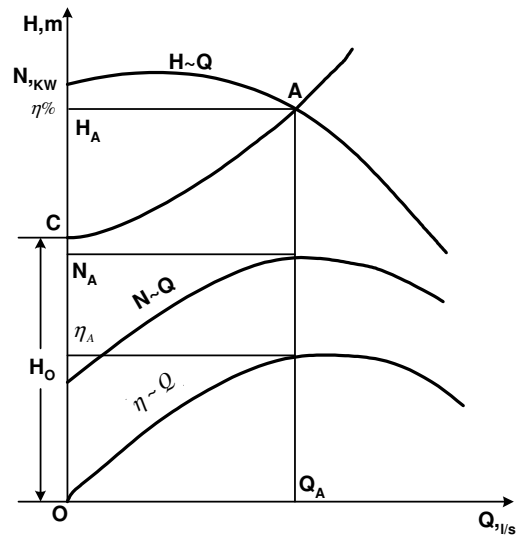
trong đó : A - hệ số tổn thất phụ thuộc vào các yếu tố đã nói ở trên.

Q - lưu lượng của bơm.

Do đó có thể viết :

$$H = Z + A Q^2 \quad (10 - 4)$$

Đường biểu diễn quan hệ (10 - 4) gọi là đường đặc tính ống dẫn (đường đặc tính lưới) trong hệ thống bơm với điều kiện cho trước. Vẽ đồ thị đường đặc tính ống dẫn lên cùng đồ thị đường đặc tính làm việc của bơm (Hình 10-10). Giao điểm của 2 đường đặc tính (của bơm và của hệ thống đường ống) chính là điểm làm việc của bơm ly tâm (điểm A trên hình 10-10). Tại đó bơm làm việc ổn định vì cột áp “đẩy” của bơm bằng cột áp “cản” của hệ thống (xem thêm [1], [5], [6]).



Hình 10-10

Điểm A cho ta biết những thông số biểu thị chế độ làm việc của bơm (lưu lượng Q_A , cột áp H_A , công suất N_A và hiệu suất η_A của bơm).

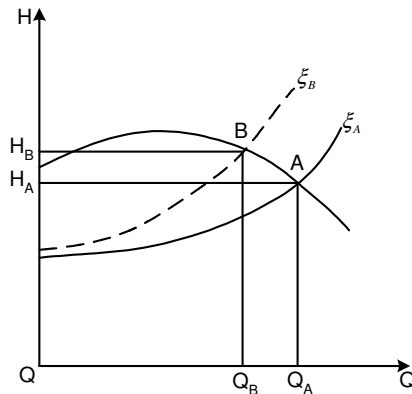
10.4.2. Điều chỉnh bơm

Điều chỉnh bơm sang chế độ làm việc khác nghĩa là thay đổi điểm làm việc của bơm theo một yêu cầu nào đó. Có nhiều phương pháp điều chỉnh.

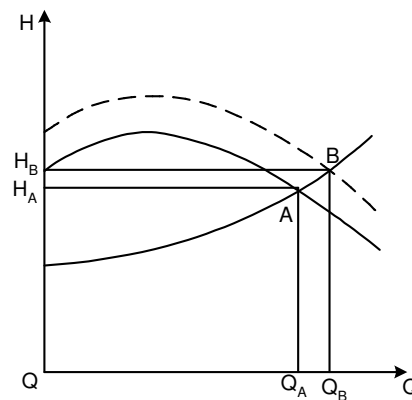
a - Điều chỉnh bằng khoá

Nội dung của phương pháp này là tạo nên sự thay đổi đường đặc tính lưới bằng cách điều chỉnh khoá ở ống đẩy để thay đổi lưu lượng Q của hệ thống (không điều chỉnh khoá ở ống hút vì có thể gây nên hiện tượng xâm thực trong bơm).

Trên hình 10-11: Khi mở khoá hoàn toàn có điểm làm việc A (H_A, Q_A).



Hình 10-11.



Hình 10-12.

Khi đóng bớt khoá lại thì tổn thất khoá sẽ tăng lên ($\xi_A \rightarrow \xi_B$) lưu lượng của hệ thống giảm đi, nghĩa là đường đặc tính lưới sẽ thay đổi (dốc hơn), trong khi đó đường đặc tính bơm vẫn không đổi và như vậy điểm làm việc ở chế độ mới là điểm B (H_B, Q_B)

Phương pháp điều chỉnh này đơn giản, thuận tiện nhưng không kinh tế vì gây thêm tổn thất ở khoá ($\sum h_{wK}$) khi điều chỉnh và chỉ điều chỉnh được trong phạm vi hạn chế.

b - Điều chỉnh bằng số vòng quay trực bơm

Nội dung phương pháp này là làm thay đổi chế độ làm việc của bơm bằng cách thay đổi đường đặc tính của bơm khi thay đổi số vòng quay của trục bơm.

Trên hình 10-12: Điểm làm việc $A (H_A, Q_A)$ ứng với số vòng quay n_A .

Khi tăng số vòng quay đến $n_B > n_A$ thì đường đặc tính bơm sẽ thay đổi trong, trong khi đó đường đặc tính lưới không thay đổi, điểm làm việc từ điểm A chuyển đến điểm $B (H_B, Q_B)$.

So với phương pháp điều chỉnh bằng khoá, phương pháp này kinh tế hơn (vì không mất tổn thất năng lượng vô ích do khoá) song phức tạp hơn vì phải có thiết bị thay đổi số vòng quay.

Ngoài ra nếu dùng lâu dài với năng suất nhỏ hơn ta có thể điều chỉnh đường đặc tính làm việc của bơm bằng cách ứng dụng định luật tương tự để gọt nhỏ bớt bánh công tác. Nhưng phương pháp này ít được sử dụng vì sẽ phá hoại bánh công tác không phục hồi lại được.

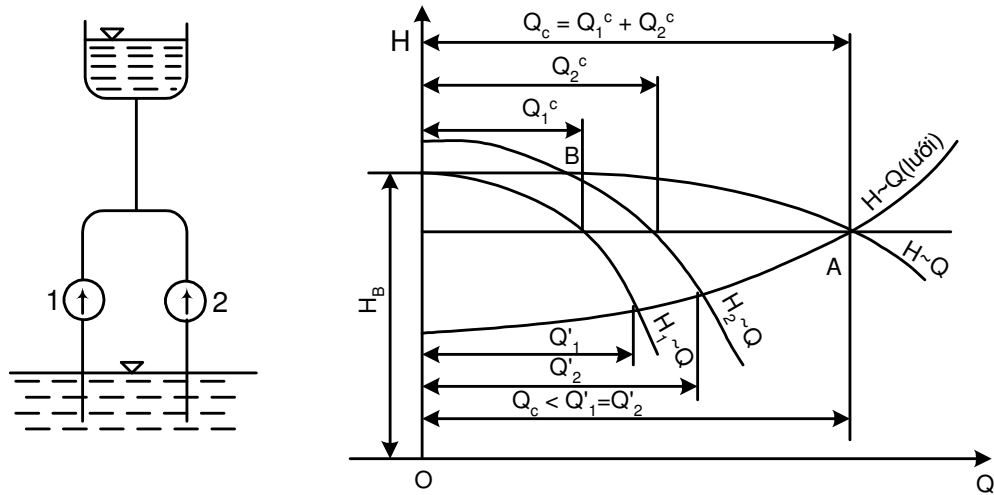
10.5. GHÉP BƠM LY TÂM

Trong thực tế có trường hợp phải ghép nhiều bơm làm việc trong cùng một hệ thống, khi hệ thống có yêu cầu cột áp hoặc lưu lượng lớn hơn cột áp và lưu lượng của một bơm. Có hai cách ghép sau đây :

10.5.1. Ghép song song

Dùng trong trường hợp hệ thống có yêu cầu lưu lượng lớn hơn lưu lượng của một bơm.

Trên hình 10-13 biểu thị sơ đồ ghép song song 2 bơm. Để xác định điểm làm việc chung của hệ thống bơm ta vẽ đường đặc tính chung của các bơm ghép bằng cách cộng các lưu lượng của từng bơm ghép với cùng một cột áp. Giao điểm của đường đặc tính chung với đặc tính lưới là điểm làm việc của các bơm ghép trong hệ thống.



Hình 10-13

Rõ ràng tổng lưu lượng của 2 bơm làm việc song song sẽ lớn hơn lưu lượng một bơm nhưng nhỏ hơn lưu lượng của hai bơm làm việc riêng rẽ vì tổn thất trong ống dẫn tăng, làm tăng cột áp toàn phần của bơm.

Sau khi nghiên cứu nguyên tắc ghép bơm song song ta thấy:

- Sự điều chỉnh (thay đổi điểm làm việc) của hệ thống bơm ghép song song tương đối phức tạp khi các bơm ghép có đường đặc tính khác nhau nhiều. Vì vậy người ta thường ghép các bơm có đường đặc tính gần giống nhau hoặc như nhau để điều chỉnh thuận lợi.

- Cách ghép bơm song song chỉ có hiệu quả lớn khi đường đặc tính của các bơm ghép thoải (có độ dốc nhỏ) và đường đặc tính lưới không dốc lắm cách ghép này ứng dụng trong các hệ thống bơm cần có cột áp H thay đổi ít, khi lưu lượng Q thay đổi nhiều.

- Số lượng bơm ghép song song để tăng lưu lượng trong hệ thống có giới hạn nhất định, xác định bởi đường đặc tính chung của các bơm ghép và đặc tính lưới.

10.5.2. Ghép nối tiếp

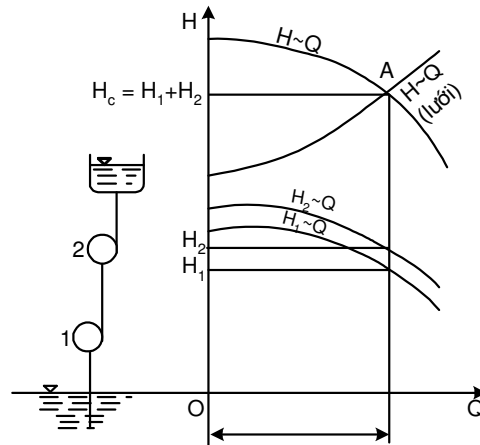
Dùng trong trường hợp hệ thống có yêu cầu cột áp lớn hơn cột áp của một bơm. Điều kiện để các bơm ghép nối tiếp làm việc được bình thường trong hệ thống là các bơm ghép có cùng một lưu lượng.

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_i$$

Cột áp làm việc của hệ thống có ghép nối tiếp bơm khi $Q = const$ bằng tổng cột áp các bơm ghép: $H_c = H_1 + H_2 + \dots + H_i$

Xét hai bơm 1,2 ghép nối tiếp (Hình 10-14) làm việc trong một hệ thống.

Đường đặc tính chung của 2 bơm ghép ($H_c - Q$) được xây dựng bằng cách cộng các cột áp của riêng từng bơm ghép với cùng một lưu lượng. Giao điểm của đường đặc tính chung với đường đặc tính lưới là điểm làm việc của các bơm ghép trong hệ thống (điểm A - Hình 10-14). Từ đó ta xác định được lưu lượng Q và cột áp của hai bơm ghép ($H_1 + H_2$).



Hình 10-14

Chú ý :

- Khi ghép nối tiếp nên chọn bơm và hệ thống có đường đặc tính dốc nhiều mới có hiệu quả cao.

- Khi ghép nối tiếp, bơm thứ 2 phải làm việc với áp suất cao hơn bơm 1, do đó phải chú ý đến độ bền của bơm và hệ thống đường ống.

10.6. ỨNG DỤNG LUẬT TƯƠNG TỰ TRONG BƠM LY TÂM

10.6.1. Sự liên hệ giữa lưu lượng, cột áp với số vòng quay của bơm ly tâm

Ta đã biết trong một bơm ly tâm khi số vòng quay làm việc (n) của bơm thay đổi thì các thông số làm việc khác của bơm Q , H , N cũng thay đổi theo. Thực nghiệm chứng tỏ rằng khi một bơm ly tâm làm việc với số vòng quay n thay đổi ít (dưới 50% so với n định mức) thì hiệu suất của bơm η thay đổi ít có thể xem $\eta = const$. Mặt khác các vận tốc đều tỷ lệ với số vòng quay nên các tam giác vận tốc sẽ đồng dạng với nhau. Do

đó các chế độ làm việc khác nhau của một bơm khi số vòng quay n thay đổi ít, xem như các trường hợp tương tự.

Ứng dụng các công thức xác định lưu lượng Q và cột áp H của bơm ly tâm :

$$Q = \pi D b C_{2r} \eta_V$$

$$H = \frac{Ku_2 C_2 \cos \alpha_2 \eta_t}{g}$$

Gọi H_1, Q_1, N_1 là cột áp, lưu lượng và công suất ứng với số vòng quay n_1 ;

H_2, Q_2, N_2 là cột áp, lưu lượng và công suất ứng với số vòng quay n_2 ;

Ta xác định được các quan hệ tỷ lệ giữa lưu lượng, cột áp và công suất với số vòng quay của bơm ly tâm như sau :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (11-5)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \quad (11-6)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \quad (11-7)$$

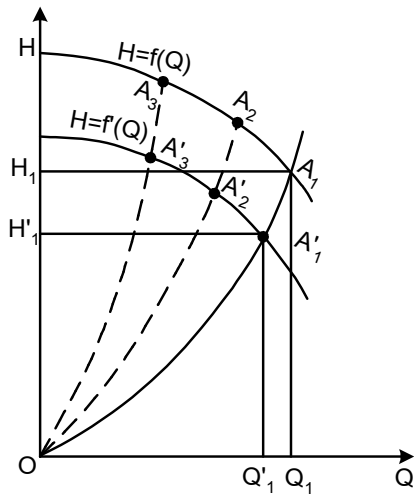
10.6.2. Xác định điểm làm việc và đường đặc tính khi chế độ làm việc của bơm thay đổi

a) *Vẽ đường đặc tính mới của bơm khi số vòng quay làm việc thay đổi:* Biết đường đặc tính làm việc $H = f(Q)$ với số vòng quay n (Hình 11-15) ứng với điểm làm việc $A_1(H_1, Q_1)$, dùng công thức (11-5)(11-6) có thể tính được H'_1, Q'_1 ứng với điểm làm việc $A'_1(H'_1, Q'_1)$ khi số vòng quay của bơm $n' \neq n$.

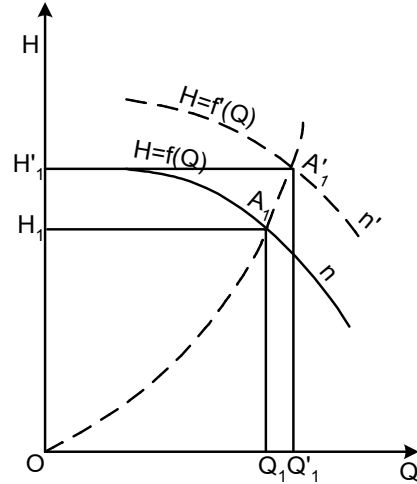
$$H'_1 = H_1 \left(\frac{n'}{n} \right)^2$$

$$Q'_1 = Q_1 \left(\frac{n'}{n} \right)$$

Cũng tương tự như vậy đối với các điểm khác A_2, A_3, \dots, A_i trên đường đặc tính $H = f(Q)$ ta có thể tìm ra các điểm tương ứng A'_2, A'_3, \dots, A'_i . Và ta có thể vẽ được đường đặc tính mới của bơm $H = f'(Q)$ ứng với số vòng quay làm việc n' của bơm.



Hình 10-15.



Hình 10-16.

b) Vẽ đường biểu diễn những điểm làm việc tương tự (đường cùng hiệu suất) từ các quan hệ tương tự (10-5)(10-6) ta có thể viết:

$$\frac{H_1}{H'_1} = \left(\frac{Q_1}{Q'_1} \right)^2 \quad \text{hoặc} \quad \frac{H_1}{Q_1^2} = \frac{H'_1}{Q'^2_1} = \text{const}$$

Như vậy các điểm làm việc A_1, A'_1, \dots ứng với các cặp trị số $H_1, Q_1; H'_1, Q'_1; \dots$ biểu diễn những chế độ làm việc tương tự. Các điểm làm việc tương tự biểu thị quan hệ bậc 2 giữa lưu lượng và cột áp - Quy luật Parabol: $H = KQ^2$ (K - hằng số). Đường cong này là đường biểu diễn các điểm làm việc có hiệu suất bằng nhau gọi là đường cùng hiệu suất.

c) Xác định số vòng quay làm việc của bơm ứng với một điểm làm việc cho trước.

Chẳng hạn cần xác định số vòng quay n' có đường đặc tính làm việc đi qua điểm $A'_1(H'_1, Q'_1)$ không nằm trên đường đặc tính cho trước $H = f(Q)$ ứng với số vòng quay n .

Muốn vậy, trước hết ta phải xác định đường cong cùng hiệu suất - biểu diễn các điểm làm việc tương tự với điểm $A'_1(H'_1, Q'_1)$.

$$\text{Như vậy có } H'_1 = KQ'^2_1 \text{ hay } K = \frac{H'_1}{Q'^2_1}$$

Khi biết K rồi, vẽ đường $H = KQ^2$ đi qua điểm cho trước A'_1 cắt $H = f(Q)$ tại điểm A_1 (Hình 10-16) đó chính là điểm làm việc tương tự với điểm A'_1 . Khi biết được điểm $A_1(H_1, Q_1)$ từ quan hệ tương tự (10-5), hoặc (10-6) ta có thể xác định được số vòng quay n' :

$$n' = \frac{Q'_1}{Q_1} n \quad \text{hoặc} \quad n' = n \sqrt{\frac{H'_1}{H_1}}$$

**Chú ý:* bơm có thể làm việc với số vòng quay giảm, nhưng tăng số vòng quay trong trường hợp cần phải theo qui định của nhà máy chế tạo.

10.6.3. Định luật tương tự

Hai máy bơm tương tự phải thoả mãn các tiêu chuẩn tương tự sau đây:

- Tương tự hình học là hai máy bơm phải đồng dạng, nghĩa là các góc bố trí cánh dẫn phải bằng nhau và các kích thước tương ứng phải tỷ lệ với nhau.

- Tương tự động học là các tam giác vận tốc tương ứng của chất lỏng chảy trong 2 bánh công tác của 2 máy bơm phải đồng dạng, nghĩa là tỷ lệ giữa các vận tốc tương ứng phải bằng nhau.

Ta thấy rằng những bánh công tác tương tự có đường kính D_1 và D_2 với số vòng quay n_1 và n_2 tạo nên cột áp H_1 và H_2 .

Từ phương trình cơ bản của bơm ly tâm (xác định cột áp) và công thức xác định lưu lượng của bơm, ta xác định được các quan hệ tương tự của lưu lượng cột áp và công suất khi số vòng quay và đường kính bánh công tác của 2 bơm khác nhau :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 D_1^3}{n_2 D_2^3} \quad (10-8)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1 D_1}{n_2 D_2} \right)^2 \quad (10-9)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \quad (10-10)$$

Các quan hệ (10-8),(10-9),(10-10) thể hiện nội dung của định luật tương tự của bơm ly tâm.

Dựa vào định luật tương tự ta có thể tính toán với độ chính xác cao những thông số cơ bản của bơm thiết kế, nếu biết thông số của bơm tương tự và nghiên cứu bằng thực nghiệm loại bơm mới trên mô hình nhỏ làm giảm nhẹ công việc và tăng thêm sự hoàn chỉnh cấu tạo bơm.

Tuy nhiên định luật tương tự chỉ ứng dụng trong trường hợp kích thước của bơm không khác nhau quá 2 đến 3 lần và bơm làm việc với cùng một loại chất lỏng.

10.6.4. Số vòng quay đặc trưng n_s

Số vòng quay đặc trưng là số vòng quay của bánh công tác bơm ly tâm, có các chi tiết máy tương tự hình học với bánh công tác của bơm nghiên cứu, có năng suất $Q = 75l/s$ và cột áp $H = 1m$ cột nước.

Dùng định luật tương tự ta có:

$$\frac{1}{H} = \frac{n_s^2 D_s^2}{n^2 D^2} \quad \text{va} \quad \frac{0,075}{Q} = \frac{n_s D_s^3}{n D^3}$$

D_s và n_s là đường kính bánh công tác và số vòng quay bơm có năng suất $Q=75l/s$, cột $H = 1m$ cột nước.

Từ hai biểu thức trên ta tính được

$$\frac{D_s^2}{D^2} = \frac{n^2}{n_s^2 H} \Rightarrow \frac{D_s^3}{D^3} = \frac{n^3}{n_s^3 H^{\frac{3}{2}}}$$

$$\text{và : } \frac{0,075}{Q} = \frac{n_s n^3}{n n_s^3 H^{3/2}} = \frac{n^2}{n_s^2 H^{3/2}}$$

$$\text{Rút ra : } n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (10-11)$$

Xét phương trình (10-11) ta thấy số vòng quay đặc trưng không phụ thuộc vào loại chất lỏng. Như vậy ta có thể xác định được số vòng quay đặc trưng của bất kỳ loại bơm nào, nếu biết được năng suất, cột áp của bơm ứng với số vòng quay n .

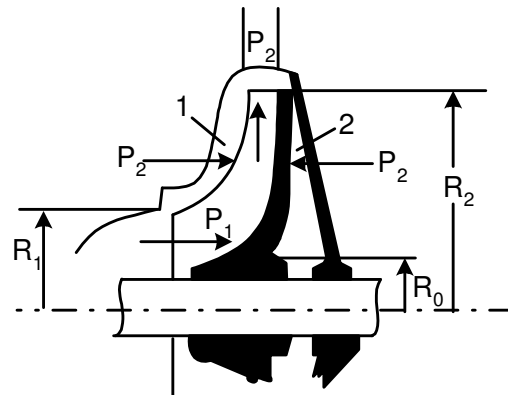
Dùng khái niệm về số vòng quay đặc trưng, ta có thể :

- Thành lập sự phân loại thủy lực bơm ;
- So sánh những loại bánh công tác khác nhau của bơm ly tâm ;
- Nghiên cứu những bơm lớn trên mô hình nhỏ ;
- Chọn bơm tiện lợi nhất khi biết năng suất và cột áp.

10.7. MỘT SỐ ĐIỂM CHÚ Ý TRONG KẾT CẤU VÀ SỬ DỤNG BƠM LY TÂM

10.7.1. Lực hướng trục trong bơm ly tâm

Ở những bơm hút một phía, trong thời gian làm việc bánh công tác chịu tác dụng của lực hướng trục về phía ngược với hướng chuyển động của chất lỏng đi vào bơm. Lực đó sinh ra lực ma sát phụ làm tăng thêm tổn thất năng lượng, giảm năng suất và hiệu suất của bơm. Quan sát sơ đồ bánh công tác (Hình 10-17),



Hình 10-17

khi chất lỏng đi vào bánh công tác có áp suất p_1 và khi đi ra áp suất tăng lên p_2 . Vì p_2 lớn hơn p_1 nên chất lỏng đi qua các kẽ hở giữa bánh công tác và thân bơm và các buồng trống 1 và 2 và có thể chạy ngược về ống hút làm giảm năng suất bơm.

Lực hướng trục là độ chênh áp lực tác dụng lên

hai mặt trống 1 và 2 từ hai phía, nghĩa là:

$$P_{ht} = (\pi R_2^2 - \pi R_o^2) p_2 - (\pi R_2^2 - \pi R_1^2) p_2 - (\pi R_1^2 - \pi R_o^2) p_1$$

Sau khi biến đổi ta có:

$$P_{ht} = \pi (R_1^2 - R_o^2) (p_2 - p_1)$$

Nếu $p_2 - p_1 = \gamma H$ (cột áp của bơm) ta có:

$$P_{ht} = \pi \gamma H (R_1^2 - R_o^2) \quad (10-12)$$

Để làm cân bằng lực hướng trục, thường dùng các biện pháp sau đây :

- Với bơm có một bánh công tác: cho chất lỏng đi vào từ hai phía (bơm có 2 miệng hút) hoặc trên đĩa sau bánh công tác có khoan những lỗ, do đó làm giảm độ chênh áp suất tác dụng lên thành ngoài của bánh công tác.

- Với bơm có nhiều bánh công tác: có thể bố trí các bánh công tác đối xứng ngược nhau; hoặc dùng pittong cân bằng gắn vào phần cuối roto của bơm ; hoặc dùng đĩa cân bằng gắn vào trục bơm ở cấp cuối cùng.

10.7.2. Một số điểm chú ý khi sử dụng bơm

- Chọn bơm đúng theo yêu cầu kỹ thuật, dựa vào đường đặc tính của hệ thống và đường đặc tính của bơm, trong đó đặc biệt chú ý đường đặc tính cơ bản ($H - Q$);

- Các thiết bị và đồng hồ đo áp suất, đo chân không, đo điện nên có đầy đủ, phải có van một chiều ở ống hút để dễ dàng khi môi bơm và khởi động bơm;

- Trước khi khởi động bơm phải kiểm tra tình trạng bơm, dầu mỡ bôi trơn, động cơ, các mối ghép, hệ thống điện ..., sau đó đổ nước để môi bơm để cho nước điền đầy

vào trong ống hút và bánh công tác của bơm, đóng khoá trên đường ống đẩy lại để tránh quá tải động cơ khi khởi động bơm;

- Khi khởi động bơm, cho động cơ quay ổn định rồi mới từ từ mở khoá ở ống đẩy cho đến khi đạt năng suất cần thiết;

- Trong khi bơm làm việc cần theo dõi đồng hồ đo, chú ý nghe tiếng máy để phát hiện những hiện tượng bất thường và có biện pháp xử lý kịp thời;

- Khi chuẩn bị tắt máy, làm thứ tự động tác ngược với khi cho máy chạy: đóng khoá trên ống đẩy trước, tắt máy sau.

- Khi bơm làm việc chất lỏng không lên hoặc lên ít, cần dừng máy và kiểm tra lại:

+ Các van hoặc khoá trên ống đẩy;

+ Ống hút không kín hoặc chưa đuổi hết không khí ra khi mỗi bơm;

+ Lưới chắn rác bị lắp kín hoặc miệng ống hút không ở đúng độ sâu cần thiết cách mặt thoáng bề hút;

+ Bánh công tác quay ngược chiều (khi đấu dây ngược pha trong động cơ điện) hoặc số vòng quay bánh công tác tăng, giảm quá định mức cho phép...

Chương 11

BƠM HƯỚNG TRỰC

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG

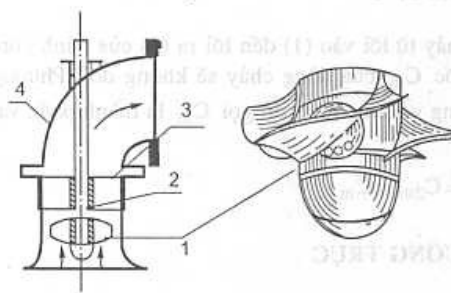
Bơm hướng trục thuộc loại bơm cánh dẫn, được dùng phổ biến trong nông nghiệp và công nghiệp nhẹ khi cần phải bơm chất lỏng với lưu lượng lớn và cột áp tương đối nhỏ.

Phạm vi ứng dụng thông thường của bơm hướng trục là :

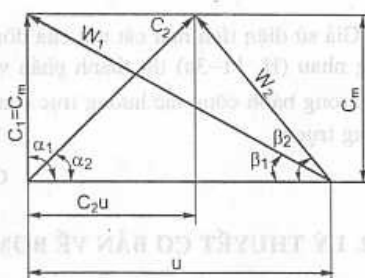
$$Q = 0,11 \div 25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 4 \div 10 \text{ m cột nước}$$

Bơm hướng trục được nghiên cứu một cách có hệ thống và được sử dụng rộng rãi trong khoảng 70 năm gần đây.



Hình 11-1



Hình 11-2

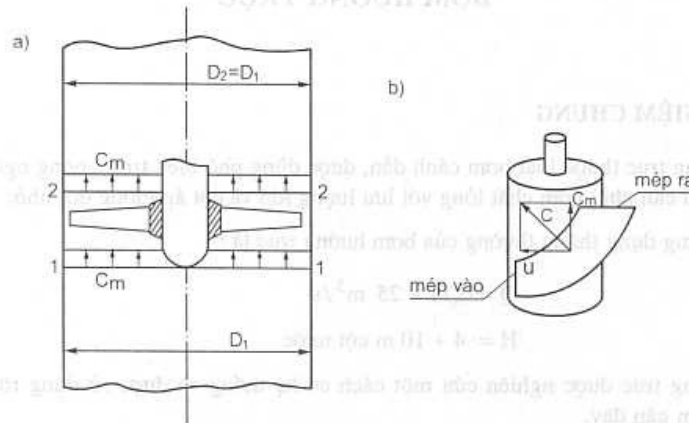
Kết cấu của bơm hướng trục khá đơn giản và chắc chắn (H. 11-1) nó bao gồm :

Phần quay (động) gồm bánh công tác 1 gắn liền với trục bơm 2. Bánh công tác hình trụ có gắn cánh dẫn mặt cong ba chiều phân bố đều xung quanh. Thường số cánh dẫn của bánh công tác từ 2 ÷ 6.

Phần đứng yên (tĩnh) là thân bơm 4, hình trụ rỗng, phía trong có gắn các cánh dẫn hướng 3 và bộ phận ổ đỡ trục. Phía trên bộ phận dẫn hướng thân bơm uốn cong để tiện bố trí các bộ phận dẫn động trục bơm.

Khác với bơm ly tâm, chất lỏng chuyển động trong bơm hướng trục không thẳng góc với trục bơm mà chuyển động trong các mặt trụ đồng tâm với trục bơm, nghĩa là vận tốc vòng ở

lối ra và lối vào của bánh công tác như nhau $u_1 = u_2 = u$ (H. 11-2). Xét một phần tử chất lỏng bị cánh dẫn đẩy khi quay tròn (H. 11-3). Vì mặt nghiêng của cánh dẫn nên phần tử chất lỏng chuyển động theo quỹ đạo “xoắn ốc” dọc theo trục. Để giảm tổn thất năng lượng của dòng “xoắn ốc”, sau khi ra khỏi bánh công tác, người ta dùng bộ phận dẫn hướng để “khử” thành phần chuyển động quay của dòng chảy. Qua bộ phận dẫn hướng, dòng chảy trở nên song song với trục, vì thế cho nên góc độ bố trí và biên dạng cánh dẫn hướng phải sao cho phù hợp với dòng chảy sau bánh công tác.



Hình 11-3

Giả sử diện tích mặt cắt ướt của dòng chảy từ lối vào (1) đến lối ra (2) của bánh công tác bằng nhau (H. 11-3a) thì thành phần vận tốc C_m của dòng chảy sẽ không đổi. Phương của C_m trong bánh công tác hướng trục song song với trục nên còn gọi C_m là thành phần vận tốc hướng trục :

$$C_{1m} = C_{2m} = C_m$$

11.2. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VỀ BƠM HƯỚNG TRỤC

11.2.1. Phương trình cơ bản của bơm hướng trục

Từ phương trình cơ bản của bơm cánh dẫn :

$$H = \frac{u_2 C_{2u} - u_1 C_{1u}}{g}$$

áp dụng với bơm hướng trục, ta có :

$$u_1 = u_2 = u; \quad C_{1u} = 0 \quad (\text{vì ở lối vào của bánh công tác, dòng chất lỏng chưa có thành phần chuyển động quay}).$$

Vậy phương trình cơ bản viết cho bơm hướng trục là :

$$H_T = \frac{uC_{2u}}{g} \quad (11-1)$$

hoặc

$$H_T = \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} + \frac{C_1^2 - C_2^2}{2g} \quad (11-2)$$

Như vậy cột áp của bơm hướng trục được tạo nên do sự chênh lệch về trị số thành phần vận tốc tương đối và tuyệt đối ở lối ra của bánh công tác.

Từ (11-2) ta thấy cột áp của bơm hướng trục không có thành phần do lực ly tâm $\left(\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}\right)$ tham dự như bơm ly tâm (đó là thành phần chủ yếu tạo nên cột áp của bơm ly tâm).

Do tính chất này mà bơm hướng trục có những đặc điểm sau :

a) Cột áp của bơm hướng trục không thể lớn bằng cột áp bơm ly tâm.

b) Cột áp tĩnh của bơm hướng trục chỉ do độ mở rộng các cánh dẫn của bánh công tác tạo nên ($W_1 > W_2$) :

$$H_T = \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}$$

Thành phần vận tốc tương đối W trong bơm hướng trục có ý nghĩa quan trọng. Các cánh dẫn của bánh công tác phải có độ mở rộng thích đáng để tạo nên cột áp tĩnh cần thiết cho bơm ($W_1 \gg W_2$). Điều này gây nên các tổn thất phụ vì lực quán tính của dòng chảy qua cánh dẫn có vận tốc thay đổi lớn. Để giảm bớt tổn thất phụ thêm đó, các cánh dẫn của bơm cần được gia công chính xác và có độ nhẵn bề mặt cao.

c) Công thức (11-1) cho ta thấy rằng để dòng chất lỏng qua bánh công tác bơm hướng trục được cân bằng (ổn định) thì cánh dẫn phải có kết cấu sao cho :

$$H_T = \frac{uC_{2u}}{g} = \text{const}, \quad (\text{với mọi bán kính } r)$$

Muốn vậy thì $uC_{2u} = \text{const}$, nghĩa là u và C_{2u} cùng phải thay đổi theo bán kính, cụ thể là u tăng dần từ trong ra ngoài thì C_{2u} phải giảm dần từ ngoài vào trong theo hướng kính của bánh công tác.

Từ tam giác vận tốc (H. 11-2) của bơm hướng trục, ta có :

$$C_{2u} = u - C_m \cot \beta_2$$

$$u = C_m \cot \beta_1$$

do đó :

$$C_{2u} = C_m (\cot \beta_1 - \cot \beta_2)$$

Thay vào (11-1) :

$$H_T = \frac{u}{g} C_m (\cot \beta_1 - \cot \beta_2)$$

hoặc :

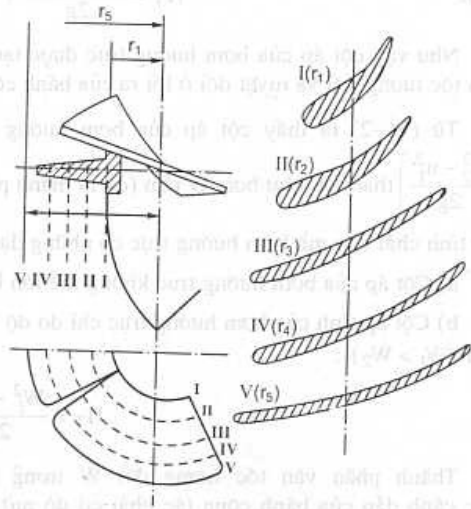
$$H_T = \frac{\pi n C_m}{30g} R (\cot \beta_1 - \cot \beta_2) \quad (11-3)$$

trong đó : $\frac{\pi n C_m}{30g} = \text{const}$ (vì đối với một bơm nhất định $n = \text{const}$ thì $C_m = \text{const}$).

Từ (11-3), ta thấy rằng :

- Bánh công tác bơm hướng trục chỉ tạo được cột áp khi cánh dẫn có các góc ra lớn hơn góc vào ($\beta_2 > \beta_1$) tức là mặt cánh dẫn không phải là mặt phẳng mà là mặt cong. Trị số các góc β_1 và β_2 càng khác nhau nhiều thì độ cong của mặt cánh dẫn càng lớn. Hai bơm hướng trục có cột áp như nhau, bơm nào có số vòng quay làm việc lớn hơn, thì cánh dẫn của bánh công tác bơm đó có độ cong ít hơn.

- Để đảm bảo $H_T = \text{const}$ thì $R(\cot\beta_1 - \cot\beta_2) = \text{const}$. Do đó các cặp trị số của β_1 và β_2 không phải cố định mà thay đổi theo bán kính r ; nghĩa là độ cong của cánh dẫn không phải đồng đều ở mọi nơi, mà ở phía sát bầu, độ cong cánh dẫn sẽ lớn nhất và giảm dần từ trong ra ngoài theo hướng kính. Độ cong cánh dẫn nhỏ nhất ứng với bán kính lớn nhất. Vì độ cong thay đổi như vậy nên mặt cánh dẫn là mặt cong theo 3 chiều trong không gian - xoắn vô độ (H. 11-4).



Hình 11-4

Cũng như đối với bơm ly tâm, cột áp thực tế của bơm hướng trục nhỏ hơn cột áp lý thuyết :

$$H < H_T$$

Trong trường hợp gần đúng, cột áp thực tế của bơm hướng trục có thể xác định theo công thức :

$$H = \frac{1}{K_H^2} \frac{u^2}{2g}$$

trong đó : K_H - hệ số cột áp phụ thuộc vào số vòng quay đặc trưng n_s :

$$K_H \approx 0.0244n_s^{2/3}$$

11.2.2. Lưu lượng của bơm hướng trục

Lưu lượng của bơm hướng trục được xác định như sau :

$$Q = C_m F$$

F - diện tích mặt cắt ở lối ra (sau bộ phận dẫn hướng) của bơm :

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

trong đó : D - đường kính ngoài (lớn nhất) của bánh công tác ;

d - đường kính trong (đường kính bầu) của bánh công tác ;

vậy :
$$Q = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)C_m$$

C_m – vận tốc hướng trục của dòng chất lỏng qua bơm; có thể tính gần đúng theo công thức :

$$C_m = K_c \sqrt{2gH_T}$$

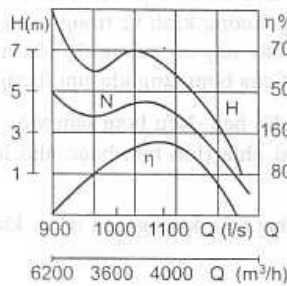
$$K_c = 0,0055n_s^{2/3} - \text{hệ số vận tốc.}$$

11.3. ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA BƠM HƯỚNG TRỤC

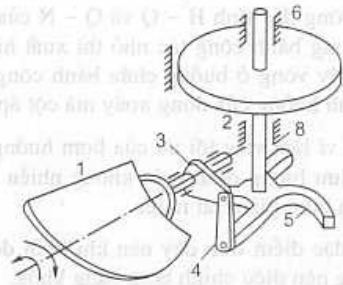
Các đường đặc tính và khả năng làm việc của bơm hướng trục được thể hiện bằng các đường đặc tính thực nghiệm; tương tự như đối với bơm ly tâm. Tuy nhiên về hình dạng các đường đặc tính của bơm hướng trục có những nét khác so với bơm ly tâm.

Trên hình 11-5 là đường đặc tính làm việc của bơm hướng trục có cánh dẫn cố định với số vòng quay không đổi.

Trong các bơm hướng trục cỡ lớn thường gặp trường hợp cánh dẫn của bánh công tác có thể thay đổi được góc độ làm việc bằng cơ cấu điều chỉnh bố trí ở bên trong bầu bánh công tác để điều chỉnh lưu lượng bơm. Sơ đồ cơ cấu điều chỉnh góc độ bố trí cánh dẫn thể hiện trên hình 11-6.



Hình 11-5



Hình 11-6

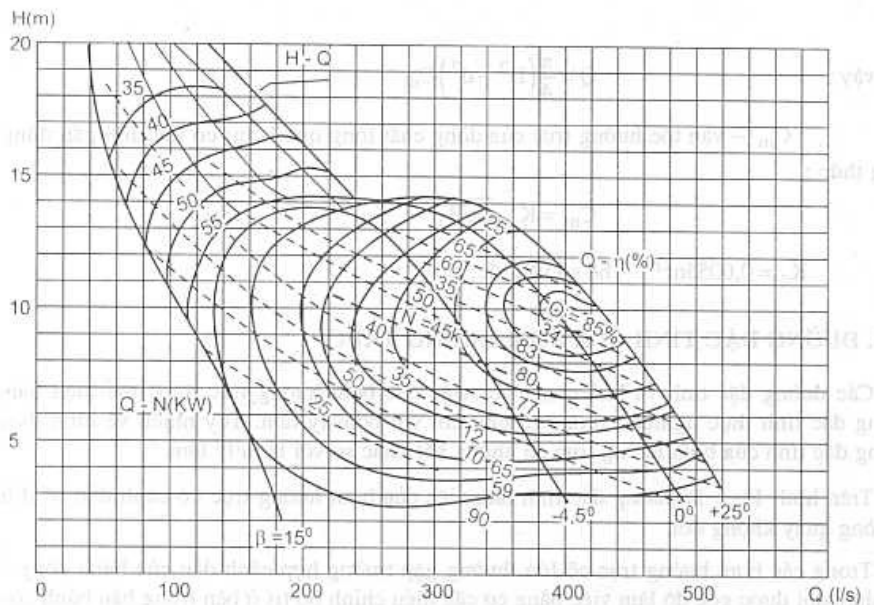
Bánh công tác như vậy gọi là bánh công tác có cánh dẫn điều chỉnh được.

Hình 11-7 biểu thị đường đặc tính làm việc của bơm hướng trục với các góc độ làm việc khác nhau của cánh dẫn bánh công tác.

Quan sát các đường đặc tính ($H - Q$), ($Q - N$) và ($\eta - Q$) của bơm hướng trục ở trên hình 11-5 và hình 11-7, so sánh với các đường đặc tính của bơm ly tâm, ta thấy có những điểm khác sau đây :

a) Đường đặc tính $H - Q$ có độ dốc lớn, nhất là ở hai đầu ; ở khoảng giữa có thể có điểm uốn hoặc điểm gãy. Cột áp càng tăng khi lưu lượng càng giảm và lớn nhất khi $Q = 0$.

b) Đường đặc tính $Q - N$ cũng có hình dạng tương tự như đường $H - Q$. Khi $Q = 0$ thì $N = N_{max}$ (N_{max} có thể vượt từ 1,5 đến 2 lần công suất làm việc bình thường của bơm).



Hình 11-7

Sở dĩ đường đặc tính $H-Q$ và $Q-N$ của bơm hướng trục có hai đặc điểm trên là vì khi lưu lượng trong bánh công tác nhỏ thì xuất hiện dòng chảy hướng kính từ trong ra ngoài tạo nên dòng xoáy vòng ở buồng chứa bánh công tác, dòng xoáy này có cường độ lớn nhất khi $Q=0$. Do ảnh hưởng của dòng xoáy mà cột áp và công suất của bơm tăng khi lưu lượng giảm.

c) Phạm vi làm việc tối ưu của bơm hướng trục tương đối hẹp. Nếu bơm làm việc với lưu lượng khác lưu lượng định mức không nhiều lắm về cả hai phía (lớn hơn hoặc nhỏ hơn) thì hiệu suất của bơm giảm rất nhiều.

Do các đặc điểm trên đây nên khi khởi động bơm hướng trục không nên đóng khóa ống đẩy và không nên điều chỉnh bơm bằng khóa.

Thông thường dùng các phương pháp điều chỉnh sau:

- Điều chỉnh số vòng quay làm việc của bơm, khi có khả năng thay đổi được số vòng quay làm việc của động cơ.

- Dùng khớp nối thủy lực cho phép thay đổi số vòng quay làm việc của bơm trong khi số vòng quay động cơ vẫn không đổi.

- Dùng bánh công tác có cánh dẫn có thể điều chỉnh được góc độ làm việc, phương pháp này có thể cho phép bơm hướng trục làm việc với hiệu suất cao ở mọi chế độ. Nhưng chỉ áp dụng cho bơm có kích thước và công suất lớn, vì việc chế tạo các cơ cấu điều chỉnh góc độ làm việc của cánh dẫn tương đối phức tạp và đắt tiền.

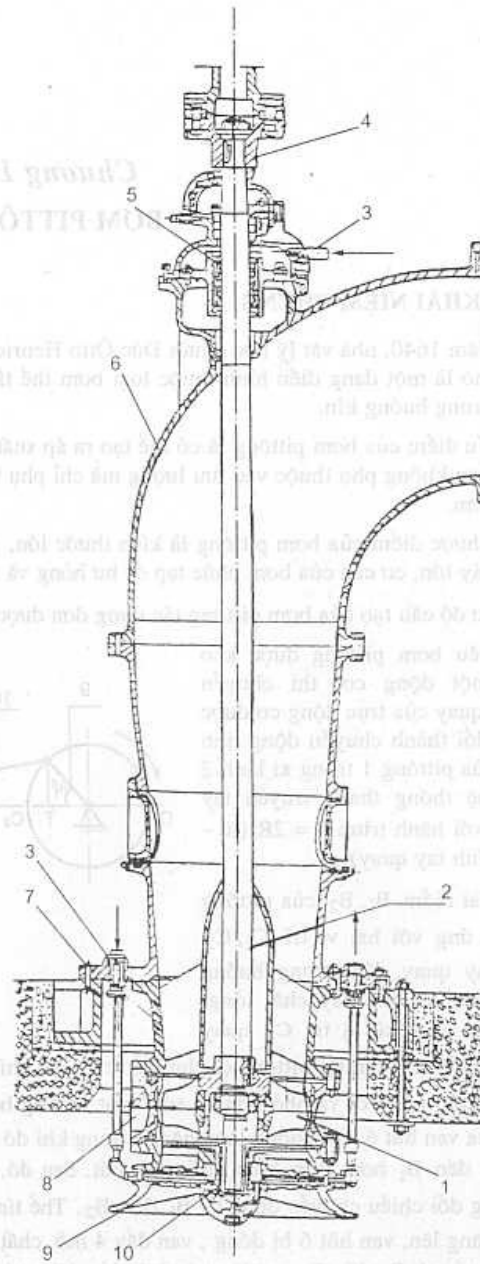
11.4. KẾT CẤU CỦA BƠM HƯỚNG TRỤC

So với bơm ly tâm, bơm hướng trục có kết cấu đơn giản hơn. Trong các hệ thống có yêu cầu cột áp nhỏ, lưu lượng lớn thì dùng bơm hướng trục sẽ giảm được kích thước của thiết bị và

trạm bơm. Bơm hướng trục phần lớn bố trí thẳng đứng nhưng cũng có loại bố trí xiên hoặc nằm ngang.

Trên hình 11-8 là kết cấu cụ thể của một bơm hướng trục đặt thẳng đứng. Phần quay của bơm gồm có hai bộ phận chủ yếu : bánh công tác 1 và trục 2. Bánh công tác gồm hai phần : bầu và cánh dẫn. Số cánh dẫn có từ 2 đến 6 ghép chặt với bầu bằng bu lông hoặc đúc liền. Có loại có thể quay tương đối với bầu để thay đổi góc độ làm việc bằng cơ cấu điều chỉnh đặt bên trong bầu. Bầu bánh công tác bằng gang hoặc thép. Cánh dẫn làm bằng thép hợp kim chống rỉ hoặc hợp kim đồng để có khả năng chống xâm thực tốt. Trục bơm nối với động cơ bằng khớp nối 4. Toàn bộ bộ phận quay được cố định bằng một ổ chặn trượt bố trí ở trên đỉnh động cơ và hai ổ đỡ trong vỏ bơm 5 và 10. Các ổ đỡ trục phần lớn là ổ trượt chế tạo bằng cao su nén, bôi trơn bằng nước lã và thường xuyên được thay thế đúng kỹ hạn. Khe hở δ giữa bánh công tác (cánh dẫn) với vỏ bơm ảnh hưởng lớn đến hiệu suất lưu lượng η_Q và cột áp của bơm. Thường $\delta \approx 0,001D$ (D - đường kính ngoài cùng của bánh công tác). Vỏ bơm gồm bốn phần : ống hút 9, buồng làm việc 8, bộ phận dẫn hướng 7 và ống đẩy 6. Các phần được ghép với nhau bằng bulông. Mặt trong của buồng làm việc có dạng mặt cầu, được gia công chính xác để đảm bảo khe hở cần thiết. Bộ phận dẫn hướng gồm có các cánh dẫn hướng đúc liền với vỏ bơm.

Chú ý : Bơm hướng trục có chiều cao hút $Z_h < 0$ nên bơm thường phải đặt sâu dưới mặt thoáng của bể hút. Như vậy trước khi bơm làm việc không cần phải mồi nước.



Hình 11-8

CHƯƠNG XII

BOM PITTÔNG

12.1. KHÁI NIỆM CHUNG

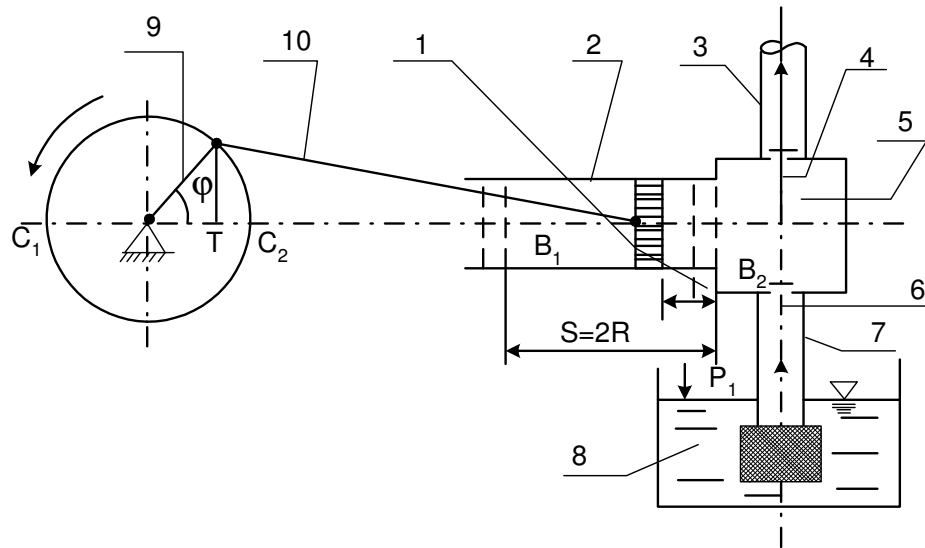
Năm 1640 - Nhà vật lý học người Đức Otto Henrich đã chế tạo thành công bơm pittông đầu tiên, nó là một dạng điển hình thuộc loại bơm thể tích làm việc theo nguyên tắc ép đẩy chất lỏng trong buồng kín.

Ưu điểm của bơm pittông là có thể tạo ra áp suất của chất lỏng bơm rất cao. Trị số cột áp của bơm không phụ thuộc vào lưu lượng mà chỉ phụ thuộc vào công suất động cơ truyền động cho bơm.

Nhược điểm của bơm pittông là kích thước lớn, giá thành cao, trọng lượng lớn, diện tích đặt máy lớn, cơ cấu của bơm phức tạp dễ hư hỏng và truyền chất lỏng không đều.

Sơ đồ cấu tạo của bơm pittông tác dụng đơn được chỉ ra trên hình 12-1.

Nếu bơm pittông được kéo bởi một động cơ, thì chuyển động quay của trục động cơ được biến đổi thành chuyển động tịnh tiến của pittông 1 trong xi lanh 2 nhờ hệ thống thanh truyền tay quay với hành trình $S = 2R$ (R - bán kính tay quay)



Hình 12-1

Hai điểm B_1, B_2 của pittông tương ứng với hai vị trí C_1, C_2 của tay quay. Khi trong buồng làm việc 5 chứa đầy chất lỏng, nếu tay quay từ vị trí C_2 quay theo chiều mũi tên thì pittông di chuyển từ B_2 về phía trái. Thể tích buồng 5 tăng dần, áp suất p trong đó giảm đi và nhỏ hơn áp suất mặt thoáng bể hút $p_a (p < p_a)$. Do đó chất lỏng từ bể hút qua van hút 6 vào buồng làm việc 5, trong khi đó van đẩy 4 đóng. Khi pittông dịch chuyển từ B_2 đến B_1 bơm thực hiện quá trình hút. Sau đó, tay quay tiếp tục quay từ C_1 đến C_2 , pittông đổi chiều chuyển động từ B_1 đến B_2 . Thể tích buồng làm việc giảm dần, áp suất chất lỏng tăng lên, van hút 6 bị đóng, van đẩy 4 mở, chất lỏng đẩy vào ống đẩy. Quá trình pittông di chuyển từ B_1 đến B_2 gọi là quá trình đẩy. Như vậy cứ một vòng quay của tay quay thì bơm thực hiện được hai quá trình hút và đẩy liên nhau. Nếu tay quay tiếp tục quay thì bơm lại lặp lại quá trình hút và đẩy như cũ. Một quá trình hút và đẩy kế tiếp nhau gọi là một chu kỳ làm việc của bơm.

Do kết cấu và nguyên lý làm việc như trên nên so với bơm ly tâm, bơm pittông không cần phải môi nước khi khởi động và có thể tạo nên được áp suất lớn ($>200at$), nhưng chuyển động của chất lỏng qua bơm không đều, lưu lượng của bơm bị dao động. Bơm pittông có nhiều loại khác nhau, thường phân loại theo các cách như sau :

a) Theo số lần tác dụng trong một chu kỳ làm việc, bơm pittông được chia ra :

- Bơm tác dụng đơn (hình 12-1) hay còn gọi là bơm tác dụng một chiều. Trong loại bơm này chất lỏng làm việc ở về một phía của pittông. Một chu kỳ làm việc của pittông chỉ có một quá trình hút và một quá trình đẩy nối tiếp nhau.

- Bơm tác dụng kép (hình 12-2) hay còn gọi là bơm tác dụng hai chiều. Trong loại bơm này pittông làm việc cả hai phía, do đó có hai buồng làm việc A, B hai van hút 1,4 và hai van đẩy 2,3. Trong một chu kỳ làm việc của bơm có hai quá trình hút và hai quá trình đẩy.

Lưu ý : Bơm sai động là một trường hợp riêng của bơm tác dụng kép. Trong bơm sai động chỉ có một van hút và một van đẩy, thể tích chất lỏng làm việc ở buồng A chỉ bằng $1/2$ ở buồng B .

- Bơm tác dụng nhiều lần :

+ Bơm tác dụng 3 lần chính là do 3 bơm tác dụng đơn ghép lại với nhau, các tay quay bố trí lệch nhau trên trục khuỷu một góc 120° (hình 12-3). Trong một chu kỳ làm việc của bơm có 3 quá trình hút và 3 quá trình đẩy.

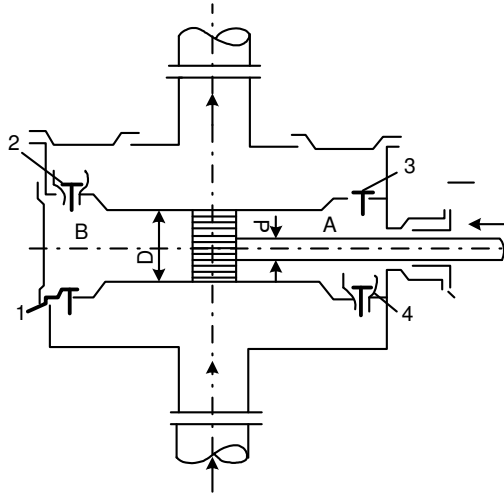
+ Bơm tác dụng bốn lần có thể do 2 bơm tác dụng kép hoặc 4 bơm tác dụng đơn (có tay quay bố trí lệch nhau một góc 90°) ghép lại với nhau.

b) Theo đặc điểm kết cấu của pittông, bơm được chia ra.

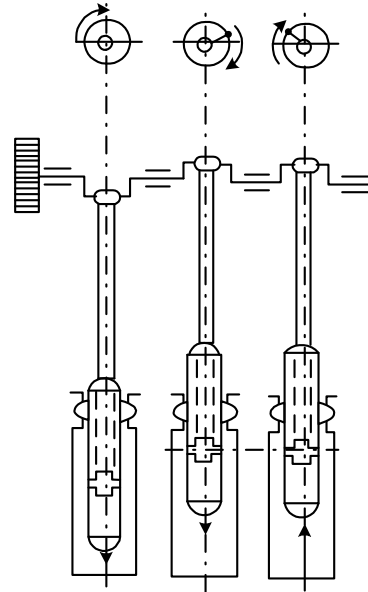
- Bơm pittông đĩa (hình 12-1), pittông có dạng hình đĩa, mặt xung quanh của pittông tiếp xúc với xi lanh. Nhược điểm của loại bơm này là pittông và xi lanh phải chế tạo với độ chính xác cao (thường làm tăng độ kín khít bằng các vòng găng lắp trên pittông).

- *Bơm pittông trụ* (hình 13-3), pittông có dạng hình trụ, mặt xung quanh của pittông không tiếp xúc với xi lanh, nên khi làm việc xi lanh không bị mài mòn. Bộ phận lót kín là những đệm lót không gắn liền với pittông, nên có khả năng chế tạo chính xác, lót kín được tốt hơn. Loại bơm này thường được dùng với áp suất lớn.

Ngoài ra người ta còn phân loại bơm pittông theo áp suất, lưu lượng, vị trí...



Hình 12-2



Hình 12-3

12.2. LƯU LƯỢNG CỦA BƠM PITTÔNG

Lưu lượng lý thuyết (hay lý thuyết trung bình) của bơm pittông bằng tổng thể tích làm việc của bơm trong một đơn vị thời gian. Còn lưu lượng tức thời phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của pittông, mà vận tốc này lại thay đổi theo thời gian t .

12.2.1. Lưu lượng trung bình

a) *Lưu lượng lý thuyết trung bình* :

$$Q_l = \frac{qn}{60} \quad (12-1)$$

q - Thể tích làm việc trong một chu kỳ

n - Số vòng quay của bơm

Đối với bơm tác dụng đơn :

$$q = FS = \frac{\pi D^2}{4} S \quad (12-2)$$

Đối với bơm tác dụng kép :

$$q = FS + (F-f)S = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) \quad (12-3)$$

Trong đó : F, f - diện tích mặt pittông, cần pittông

D, d - đường kính pittông, cần pittông

b) Lưu lượng thực tế trung bình $Q < Q_l$ vì bộ phận lót kín ; van không kín ; van hút van đẩy đóng mở chậm ; không khí lọt vào bơm...

$$Q = \eta_Q Q_l \quad ; \quad (\eta_Q < 1)$$

12.2.2. Lưu lượng tức thời

Lưu lượng của bơm pittông tác dụng đơn tại một thời điểm bất kỳ (tức thời) được xác định :

$$Q = FV \quad (12-4)$$

V- Vận tốc tức thời của dòng chất lỏng trong bơm cũng chính là vận tốc tức thời của pittông.

Vậy sự biến đổi lưu lượng của bơm phụ thuộc vào sự biến đổi của vận tốc pittông.

Khảo sát chuyển động của pittông (hình 12-1), nếu $\frac{R}{l} \leq 0,1$ thì :

$$x \approx C_2 T = R - R \cos \varphi = R(1 - \cos \varphi)$$

Trong đó $\varphi = \omega t$ (ω - vận tốc góc , t - thời gian)

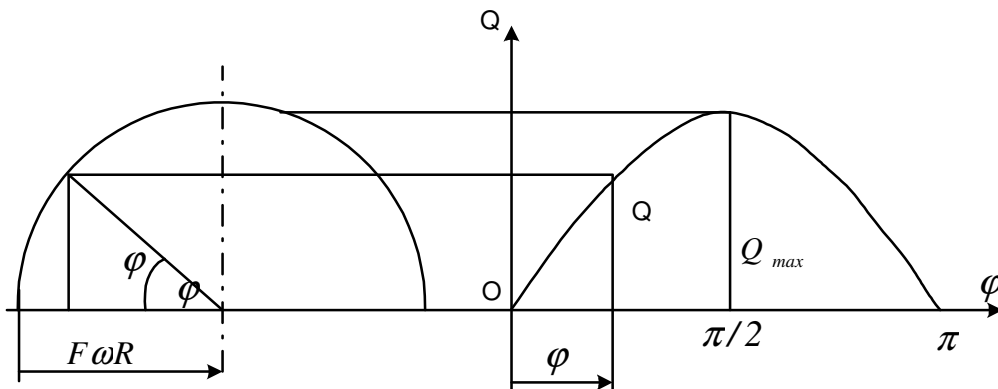
Vận tốc tức thời của pittông :

$$v = \frac{dx}{dt} = R \omega \sin \varphi$$

Lưu lượng tức thời của bơm tác dụng đơn là :

$$Q = F R \omega \sin \varphi \quad (12-5)$$

Ta thấy Q dao động theo hình sin : Q_{max} khi $\varphi = \pi/2$; $Q_{min} = 0$ khi $\varphi = 0$ (hình 12-4).



Hình 12-4

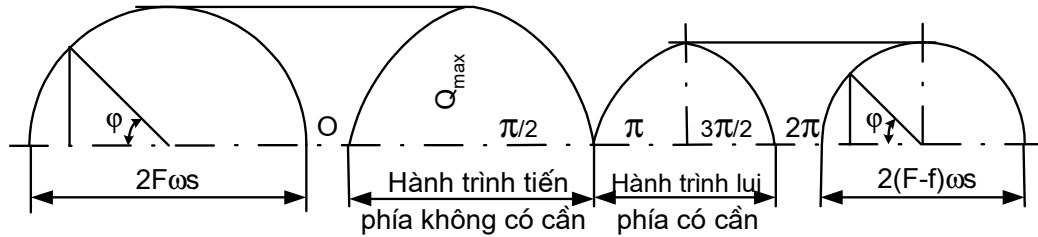
Tương tự như trên ta có thể vẽ được biểu đồ lưu lượng tức thời của bơm pittông tác dụng kép (hình 12-5), bơm tác dụng 4 lần (hình 12-6) và bơm tác dụng 3 lần (hình 12-7).

Để đánh giá mức độ không đều của lưu lượng, người ta dùng hệ số không đều về

lưu lượng :
$$\psi = \frac{Q_{\max}}{Q_l} \quad (12-6)$$

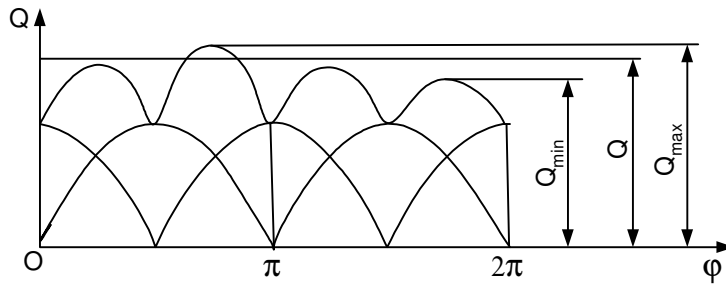
Ta tính được hệ số không đều của :

- Bơm tác dụng đơn : $\psi = \pi$;
- Bơm tác dụng kép và bơm tác dụng 4 lần : $\psi = \pi/2$
- Bơm tác dụng 3 lần : $\psi = \pi/3$.

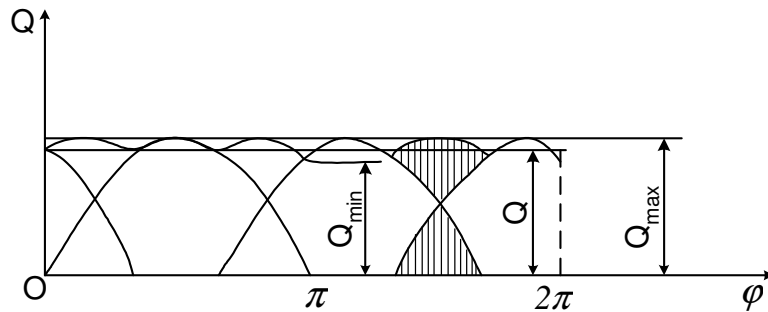


Hình 12-5

Vậy ta thấy bơm pittông tác dụng ba lần có ψ nhỏ nhất trong các bơm pittông đã nêu trên, điều này cũng phù hợp với nhận xét qua các biểu đồ lưu lượng vẽ ở trên.



Hình 12-6



Hình 12-7

12.2.3. Điều chỉnh lưu lượng

Lưu lượng của bơm pittông được điều chỉnh bằng các biện pháp sau :

- Thay đổi số vòng quay trục động cơ nghĩa là thay đổi số chu kỳ làm việc của bơm trong một đơn vị thời gian.
- Điều chỉnh khoá để tháo chất lỏng từ buồng đẩy về buồng hút.
- Thay đổi diện tích mặt làm việc của pittông bằng các cơ cấu đặc biệt.
- Thay đổi chiều dài hành trình pittông S bằng các thay đổi chiều dài làm việc của tay quay hoặc thanh truyền.

12.3. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA CHẤT LỎNG TRONG BƠM PITTÔNG, ÁP SUẤT CỦA BƠM PITTÔNG TRONG QUÁ TRÌNH HÚT VÀ ĐẨY

12.3.1. Phương trình Bernoulli của dòng không ổn định trong bơm pittông ; cột áp quán tính.

Như đã phân tích ở trên vận tốc chuyển động của chất lỏng trong bơm phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của pittông $v=f(t)$, có gia tốc $\frac{dv}{dt} \neq 0$, do đó phát sinh ra lực quán tính làm ảnh hưởng đến quá trình chuyển động của chất lỏng trong bơm pittông.

Ứng dụng phương trình Bernoulli viết cho dòng chảy không ổn định trong bơm pittông như sau :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{w1-2} + h_{qt} \quad (12-7)$$

h_{qt} - Cột áp quán tính

$$h_{qt} = \frac{1}{g} \int \frac{\partial v}{\partial t} dl$$

vì vận tốc v chỉ phụ thuộc vào thời gian : $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{dv}{dt} = R\omega^2 \cos \varphi$

$$\text{do đó} \quad h_{qt} = \frac{L}{g} R\omega^2 \cos \varphi \quad (12-8)$$

Cột áp quán tính có thể gây ra hiện tượng xâm thực và làm hư hỏng các thiết bị của bơm. Vì vậy ta cần phải nghiên cứu qui luật biến thiên áp suất của bơm trong quá trình hút và đẩy.

12.3.2. Áp suất của bơm pittông trong quá trình hút

Xét bơm pittông tác dụng đơn làm việc trong hệ thống (Hình 12-8)

Viết phương trình Benuli cho mặt cắt $a-a$ và $b-b$, mặt chuẩn $a-a$:

$$\frac{p_a}{\gamma} = Z_h + \frac{p_{x1}}{\gamma} + \frac{V_{x1}^2}{2g} + \sum h_{wh} + h_{qth}$$

Trong đó :

p_{x1} - Áp suất buồng làm việc trong quá trình hút;

v_{x1} - Vận tốc chất lỏng trong buồng làm việc, cũng chính là vận tốc của pittong;

$\sum h_{wh}$ - Tổng tổn thất trên toàn bộ chiều dài ống hút.

h_{qth} - Cột áp quán tính trên ống hút.

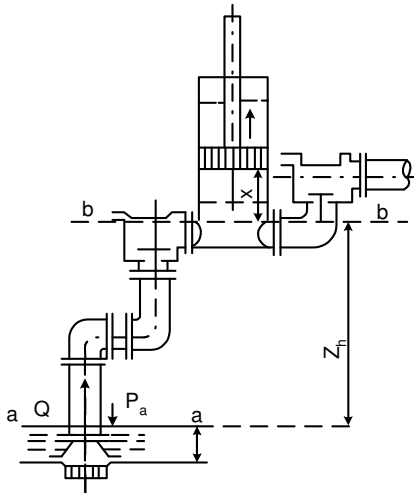
$$h_{qth} = \left(\frac{L_h + x}{g} \right) \frac{dV_{x1}}{dt}$$

Suy ra :
$$\frac{p_{x1}}{\gamma} = \frac{p_a}{\gamma} - \left[Z_h + \frac{V_{x1}^2}{2g} + \sum h_{wh} + h_{qt} \right] \quad (12-9)$$

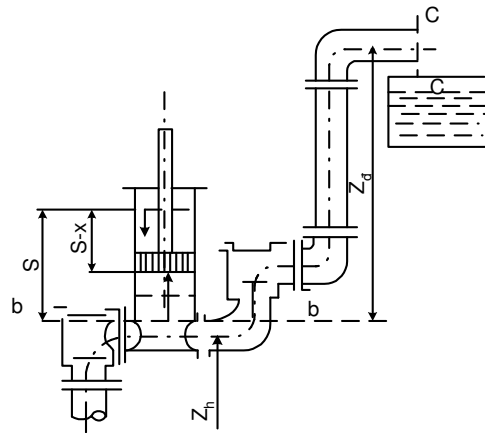
Áp suất ở buồng làm việc trong quá trình hút p_{x1} (nếu $h_{qt} > 0$) sẽ nhỏ hơn áp suất trên mặt thoáng của bể hút p_a : $p_{x1} < p_a$

Cột áp quán tính là đại lượng đổi dấu trong quá trình hút và đẩy của bơm. Khi pittong bắt đầu quá trình hút chất lỏng, v_{x1} tăng dần thì h_{qt} đóng vai trò cản ($h_{qt} > 0$) làm ảnh hưởng xấu đến khả năng hút của bơm. Khi v_{x1} giảm ($h_{qt} < 0$) thì cột áp quán tính đóng vai trò tích cực, tăng thêm cột áp, có ảnh hưởng tốt đến khả năng hút của bơm.

Điều kiện chống xâm thực
$$\left(\frac{p_{x1}}{\gamma} \right)_{x=0} \geq \frac{p_H}{\gamma} + \Delta h \quad (12-10)$$



Hình 12-8



Hình 12-9

12.3.3. Áp suất của bơm trong quá trình đẩy.

Để nghiên cứu sự biến thiên áp suất tại buồng làm việc của bơm trong quá trình đẩy, ta viết phương trình Benuli cho mặt cắt $b-b$ và $c-c$, mặt chuẩn $b-b$ (Hình 12-9):

$$\frac{p_{x2}}{\gamma} + \frac{v_{x2}^2}{2g} = Z_d + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} + \sum h_{wd} + h_{qtd}$$

Suy ra :

$$\frac{p_{x2}}{\gamma} = \frac{p_c}{\gamma} + \left[Z_d + \frac{v_c^2}{2g} + \sum h_{wd} + h_{qtd} \right] - \frac{v_{x2}^2}{2g} \quad (12-11)$$

Trong đó :

$$h_{qtd} = \left(\frac{L_d + S - x}{g} \right) \frac{dv_{x2}}{dt}$$

Áp suất trong buồng làm việc p_{x2} cực đại khi pittong bắt đầu đẩy ($x=s$) và có trị số nhỏ nhất ở cuối quá trình đẩy ($x=0$): $h_{qtd} = (-h_{qtd})_{max}$:

$$\left(\frac{p_{x2}}{\gamma} \right)_{min} = \frac{p_c}{\gamma} + \left[Z_d + \sum h_{wd} - h_{qtd\ max} \right] \quad (12-11)$$

Trong lúc đó buồng làm việc có thể xuất hiện chân không ($\frac{p_{x2}}{\gamma} < 10,3mH_2O$) và xảy ra hiện tượng xâm thực. Điều kiện không xảy ra xâm thực:

$$\left(\frac{p_{x2}}{\gamma} \right)_{x=0} \geq \frac{p_H}{\gamma} + \Delta h \quad (12-12)$$

12.3.4. Số vòng quay giới hạn (n_{max})

Ta cần phải hạn chế áp suất nhỏ nhất ở buồng làm việc của bơm trong quá trình hút và đẩy để đảm bảo không xảy ra hiện tượng xâm thực theo các điều kiện (12-10)(12-12). Số vòng quay của bơm ảnh hưởng quan trọng đến các điều kiện đó. Do đó cần phải xác định số vòng quay giới hạn của bơm n_{max} .

Thay $\omega = \frac{\pi n}{30}$ vào (12-10)(12-12) ta được :

$$n_{max,h} = \sqrt{\frac{895}{L_h R} \left(\frac{p_a - p_H}{\gamma} - \Delta h - Z_h - h_{wh} \right)}$$

$$n_{max,d} = \sqrt{\frac{895}{L_d R} \left(\frac{p_c - p_H}{\gamma} - \Delta h + Z_d + h_{wd} \right)}$$

Số vòng quay cho phép $[n]$ của bơm phải :

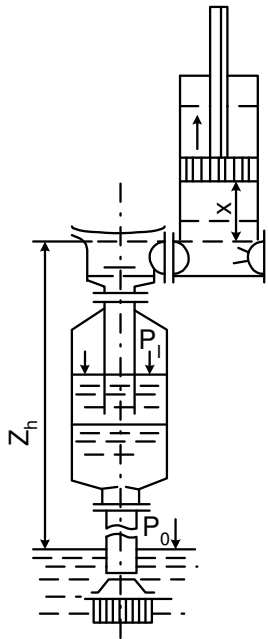
$$[n] \leq n_{max,h,d}$$

Với bơm nước, thường $[n] = 100 \div 200$ v/ph

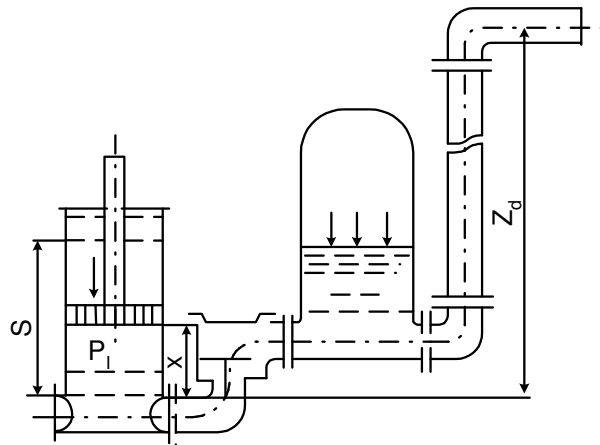
12-4. KHẮC PHỤC HIỆN TƯỢNG KHÔNG ỔN ĐỊNH CỦA CHUYỂN ĐỘNG CHẤT LỎNG TRONG BƠM PITTONG

Sự chuyển động không ổn định của chất lỏng trong quá trình làm việc của bơm do lưu lượng và áp suất thay đổi gây ra đã làm tăng tổn thất thuỷ lực, gây chấn động và nếu bơm làm việc trong thời gian dài, có thể xuất hiện va đập thuỷ lực làm hỏng các bộ phận làm việc và của hệ thống. Trong trường hợp nhiều bơm cùng làm việc trong một hệ thống, biên độ dao động của áp suất trong hệ thống có thể tăng lên rất lớn vì cộng hưởng. Ngoài ra, dao động của áp suất và lưu lượng của bơm còn ảnh hưởng xấu đến chất lượng làm việc của hệ thống thuỷ lực. Do đó cần phải có biện pháp để hạn chế tính chất không ổn định của dòng chảy trong bơm pittong. Nói chung có 3 biện pháp sau đây:

- 1- Dùng bơm tác dụng hai chiều (bơm tác dụng kép)
- 2- Dùng bơm ghép vì hệ số không đều về lực lượng của các bơm pittong ghép nhỏ hơn bơm tác dụng đơn rất nhiều.
- 3- Dùng bình không khí để điều hoà lưu lượng và áp suất gọi là bình điều hoà. Đó là những bình chứa kín đặt trên ống hút và ống đẩy.



Hình 12-10



Hình 12-11

Cách làm việc của bình điều hoà hút (Hình 12-10) như sau : Trong quá trình hút của bơm một phần chất lỏng được tích lũy lại trong bình điều hoà. Nếu kích thước của bình đủ lớn thì dao động mực chất lỏng trong bình sẽ nhỏ. Mặt khác do có sự chênh

lệch áp suất giữa mặt thoáng của chất lỏng trong bình và mặt thoáng bể hút mà chất lỏng chảy từ bể hút lên bình một cách liên tục và có thể xem như dòng chảy ổn định. Chuyển động không ổn định của dòng chảy chỉ xuất hiện ở đoạn từ bình điều hoà đến mặt pittong. Do đó lực quán tính trong ống hút chỉ xuất hiện trên đoạn ngắn từ bình điều hoà đến bơm, giảm được tổn thất năng lượng trong ống hút.

Cách làm việc của bình điều hoà đẩy (Hình 12-11) như sau : Trong quá trình đẩy một phần lưu lượng của bơm (lớn hơn lưu lượng trung bình) được tích lũy lại trong bình, mức chất lỏng sẽ dâng lên nén khối không khí ở phần trên của bình, tạo nên áp suất lớn. Khi van đẩy đóng, nhờ có áp suất lớn của khối không khí bị nén trong bình, nên chất lỏng được tiếp tục đẩy ra ống đẩy, vì vậy dao động của lưu lượng và áp suất trên ống đẩy được giảm đi, dòng chảy điều hoà hơn.

Cũng như bình điều hoà hút, bình điều hoà đẩy có tác dụng làm giảm lực quán tính trong ống đẩy của bơm pittong. Lực quán tính chỉ còn xuất hiện trên đoạn ngắn từ bơm đến bình điều hoà, giảm được tổn thất năng lượng trên ống đẩy.

Để bình điều hoà đẩy có tác dụng, cần phải đảm bảo thường xuyên một lượng không khí cần thiết nhất định ở trong bình.

12-5. ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA BƠM PITTONG

Bơm pittong cũng có các đường đặc tính thể hiện đặc điểm và khả năng làm việc của bơm.

Trên hình 12-12 là đường đặc tính làm việc cơ bản của bơm pittong $H=f(Q)$ với hai số vòng quay n_1 và n_2 ($n_2 > n_1$)

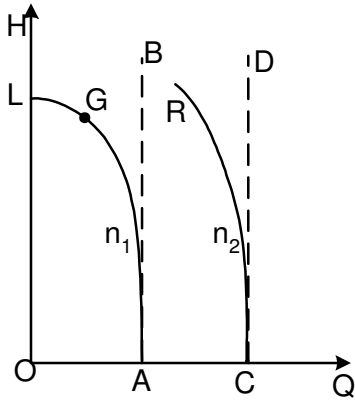
Đối với bơm pittong cột áp không phụ thuộc vào lưu lượng, nên đường đặc tính lý thuyết của bơm được biểu diễn bằng các đường thẳng song song với trục tung (OH) ứng với các lưu lượng không đổi (đường AB, CD). Nhưng đường đặc tính thực nghiệm của bơm thì không hoàn toàn như vậy (đường AG, CR). Khi cột áp của bơm tăng lên thì lưu lượng có giảm đi vì tổn thất lưu lượng tăng.

Sự chênh lệch giữa đường đặc tính cột áp lý thuyết và thực nghiệm càng nhiều khi số vòng quay làm việc n càng lớn, vì khi đó tổn thất lưu lượng tăng không phải chỉ do rò rỉ mà còn do sự đóng mở của van đẩy và hút không kịp thời.

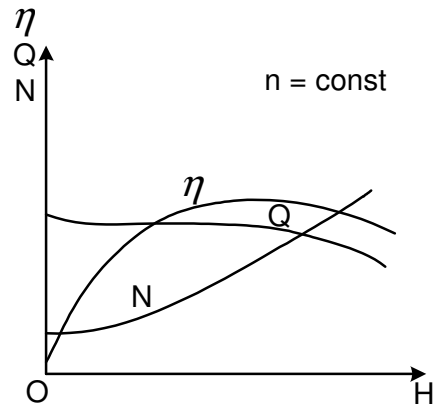
Trên hình 12-13 biểu diễn các đường đặc tính làm việc $Q=f(H)$; $N=f(H)$; $\eta_Q=f(H)$ ứng với số vòng quay $n=const$. Đối với bơm pittong có $n=const$, thường biểu diễn các thông số làm việc theo H vì khi lưu lượng Q không đổi thì việc

điều chỉnh chế độ làm việc của các bơm thường được thực hiện bằng cách thay đổi áp suất làm việc.

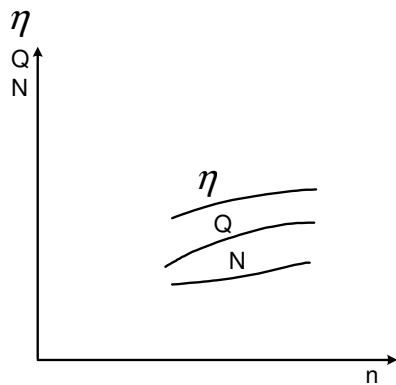
Khi áp suất làm việc H của bơm không đổi, nếu số vòng quay n tăng lên thì Q, N, η_Q cũng tăng (Hình 12-14).



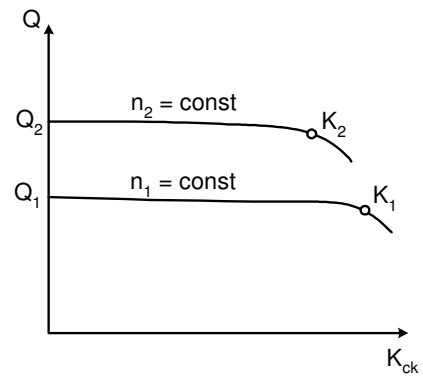
Hình 12-12



Hình 12-13



Hình 12-14



Hình 12-15

Hình 12-15 thể hiện các đường đặc tính xâm thực của bơm theo hai số vòng quay khác nhau n_1 và n_2 ($n_1 > n_2$). Từ đường đặc tính xâm thực có thể xác định chiều cao hút cho phép của bơm pittong.

PHẦN III

CẤP THOÁT NƯỚC TRONG NÔNG NGHIỆP

CHƯƠNG XIII

TUỚI NƯỚC TRONG NÔNG NGHIỆP

13.1. CHẾ ĐỘ TUỚI NƯỚC CHO CÂY TRỒNG

13.1.1. Đất, nước và cây trồng

Trong những điều kiện để cây trồng sinh trưởng và phát triển như đất đai, khí hậu, thời tiết thì nước giữ vai trò quyết định. Nước giúp cho quá trình quang hợp của cây, tạo thành các chất hữu cơ, nước làm nhiệm vụ vận chuyển các muối hoà tan và cần thiết cho sự điều hoà nhiệt của cây trồng qua hiện tượng bay hơi mặt lá. Đây là lượng nước chính cần cho cây.

Nhu cầu nước phụ thuộc vào từng loại cây trồng và tùy theo thời kỳ sinh trưởng của chúng. Độ ẩm thích hợp của cây trồng cạn thường trùng với độ ẩm tối đa của đất, còn độ ẩm tối thiểu giữ cho cây sinh trưởng được thường từ $70 \div 80\%$ độ ẩm tối đa (Bảng 13-1)

Bảng 13-1

**Giới hạn dưới của độ ẩm thích hợp cho một số cây trồng
(tính bằng % độ ẩm tối đa)**

Cây trồng	Tính chất đất	Giới hạn dưới ẩm thích hợp	Thời kỳ cần nước nhất
Ngô	thịt và thịt nhẹ	$75 \div 80$	phân hoá cò, trổ cò, phun râu
Khoai tây	thịt và thịt nhẹ	$75 \div 80$	củ phình to đến thu hoạch
Bắp cải	thịt và thịt nhẹ	$80 \div 85$	trong suốt quá trình sinh trưởng
Cà chua	thịt và thịt nhẹ	$70 \div 75$	hình thành quả
Khoai lang	thịt và thịt nặng đất thịt	$70 \div 75$	củ phình to đến thu hoạch
Lúa mì		$70 \div 80$	phân hoá đồng chín sữa

Tuy nhiên chế độ tưới nước trong đất không những thay đổi tùy theo điều kiện thời tiết khí hậu, mà còn tùy thuộc vào tính chất vật lý của đất ; như kết cấu, độ rỗng, dung trọng và cả tính thấm nước của đất.

Tưới nước làm giảm cấp hạt trên 2mm và tăng cấp hạt có kích thước nhỏ hơn 2mm ở lớp đất từ 0 ÷ 20cm, do đó dung trọng đất tăng lên, độ rỗng và tính thấm nước giảm xuống.

Ngoài ra, với độ ẩm thích hợp (50 ÷ 60% độ ẩm tối đa) thì sức liên kết giữa các hạt đất yếu nhất, sức cản lên các bề mặt làm việc của các công cụ làm đất nhỏ nhất so với cùng loại đất ở độ ẩm khác.

Tưới nước còn ảnh hưởng đến nhiệt độ đất, làm cho chế độ nhiệt trong đất được tưới điều hoà hơn, do đó cây trồng phát triển thuận lợi.

Tưới nước cũng làm thay đổi hoá tính của đất. Nước là môi trường để tiến hành các quá trình phản ứng hoá học trong đất, tạo điều kiện thuận lợi cho cây trồng hấp thụ các chất dinh dưỡng, làm tăng hiệu quả phân bón.

Tưới nước cũng ảnh hưởng đến hoạt động của vi sinh vật. Độ ẩm thích hợp với phần lớn các loài vi sinh vật gần với giới hạn độ ẩm cần thiết cho cây trồng.

Tóm lại trong điều kiện khí hậu thời tiết cụ thể với từng loại đất đai và cây trồng, nếu giữ được chế độ nước đúng thì không những tăng được năng suất mà còn tăng chất lượng sản phẩm cây trồng.

Để xác định chế độ nước trong đất, thường dùng các đại lượng sau :

- *Độ ẩm bão hoà* : là độ ẩm lớn nhất của đất. Ở trạng thái này, nước chiếm tất cả các khe rỗng của đất. Độ ẩm này, chỉ xuất hiện tại thời điểm khi đất có lượng nước lớn do mưa hoặc tưới.

- *Độ ẩm tối đa* : là độ chứa ẩm ứng với khả năng giữ nước lớn nhất của từng loại đất tùy theo mực nước ngầm được xác định bằng phần trăm của độ rỗng đất, hoặc phần trăm trọng lượng đất khô.

- *Độ ẩm hữu hiệu* : là độ ẩm đảm bảo cho cây duy trì sự sống và phát triển. Giới hạn độ ẩm hữu hiệu là khoảng cách giữa độ ẩm tối đa và độ ẩm cây héo, nó phụ thuộc vào tính chất đất, độ sâu của mực nước ngầm và nhu cầu nước của cây.

13.1.2. Xác định nhu cầu nước tưới cho cây trồng

Nhiệm vụ của tưới tiêu nước cho cây trồng là đảm bảo nhu cầu về nước cho cây.

Nhu cầu của cây chủ yếu gồm hai thành phần, lượng nước bốc hơi mặt lá và lượng nước bốc hơi khoảng trống (có thể từ mặt đất đối với cây trồng cạn và mặt nước đối với các cây ngập nước). Hai lượng nước này có ý nghĩa khác nhau với cây trồng nhưng đều là lượng nước cần cho cây trồng sinh trưởng thuận lợi.

Lượng nước cần cho cây trồng được tính bằng m³/ha cho cả vụ hoặc tính bằng mm nước.

Có nhiều phương pháp xác định lượng nước cần cho cây trồng như :

1- Xác định lượng nước cần theo năng suất cây trồng (công thức Cotchiakop) :

$$E = kY \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

Trong đó : k - Hệ số nước cần (m³/tấn) ;

Y - Năng suất cây trồng (tấn/ha).

Phương pháp này đơn giản, nhưng độ chính xác không cao vì năng suất cây trồng không chỉ phụ thuộc vào việc tưới nước mà còn do nhiều yếu tố khác (biện pháp thâm canh, thời tiết, khí hậu...).

2- Xác định lượng nước cần theo lượng nước bốc hơi mặt thoáng (công thức Kacpop)

$$E = \alpha E_o \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

Trong đó : α - Hệ số phụ thuộc vào các điều kiện canh tác và đặc điểm sinh lý của cây trồng ;

E_o - Lượng nước bốc hơi mặt thoáng.

3- Xác định lượng nước cần theo nhiệt độ không khí (công thức Logop) :

$$E = e \Sigma t \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

Trong đó : e - Hệ số cần nước ứng với 1°C (m³) ;

Σt - Tổng nhiệt độ trong thời kỳ sinh trưởng (°C).

4- Xác định lượng nước cần hàng tháng theo nhiệt độ trung bình hàng tháng và độ dài ngày (công thức của Blanây và Cridon) :

$$E = 0,458 kp (t^\circ + 17,8) \quad (\text{mm})$$

Trong đó : k - Hệ số thay đổi tùy theo cây trồng và vùng khí hậu ;

t° - Nhiệt độ trung bình trong tháng (°C) ;

p - Độ ngày dài trong tháng tính bằng % của cả năm.

Ngoài ra còn có những phương pháp khác để xác định lượng nước cần như phương pháp cân bằng nước, phương pháp xác định theo độ thiếu hụt độ ẩm bão hoà của không khí...

Tuy nhiên mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và hạn chế riêng, song chúng là những cơ sở trong việc tính toán thiết kế các hệ thống tưới và xây dựng kế hoạch tưới.

13.1.3. Chế độ tưới nước cho cây trồng

Nội dung của chế độ tưới nước là xác định mức tưới, tiêu chuẩn tưới, thời gian tưới, và số lần tưới trong một vụ cho từng loại cây trồng trong điều kiện cụ thể.

1- *Mức tưới (M)* là lượng nước cần tưới cho cây trồng trong suốt cả thời kỳ sinh trưởng trong một vụ :

$$M = E - 10\sigma h - (W_d - W_e) - W \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

Trong đó : E - Lượng nước cần của cây (m^3/ha) ;

σ - Hệ số sử dụng nước mưa, ở đất thấm nước tốt $\sigma = 0,8 \div 0,9$ và ở đất thấm nước kém $\sigma = 0,4 \div 0,7$;

h - Lượng mưa trong thời kỳ sinh trưởng (mm) ;

W_d - Lượng nước dự trữ trong đất ở đầu thời kỳ sinh trưởng (m^3/ha) ;

W_e - Lượng nước dự trữ trong đất ở cuối thời kỳ sinh trưởng (m^3/ha) ;

W - Lượng nước ngầm có thể bổ sung cho lớp đất có bộ rễ hoạt động.

2- *Tiêu chuẩn tưới (m)* là lượng nước tưới một lần cho 1 hecta cây trồng. Tiêu chuẩn tưới phụ thuộc vào trạng thái đất :

$$m = (\beta_{max} - \beta_o) dh \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

Trong đó : β_{max} - Độ ẩm tối đa của đất, tính theo phần trăm trọng lượng đất khô ;

β_o - Độ ẩm đất trước khi tưới, tính theo phần trăm trọng lượng đất khô;

d - Dung trọng đất (T/m^3)

h - Độ sâu lớp đất tưới (cm)

Tiêu chuẩn tưới còn phụ thuộc vào thời tiết khí hậu, phương pháp và kỹ thuật tưới với các loại cây trồng tưới ngập thì tiêu chuẩn tưới còn phụ thuộc vào lớp nước cần có ở mỗi thời kỳ sinh trưởng và thường lớn hơn nhiều so với tưới ẩm.

3- Thời gian tưới

Cây trồng ở mỗi thời kỳ sinh trưởng có nhu cầu nước khác nhau, tùy theo đặc điểm sinh lý và điều kiện khí hậu thời tiết. Do đó, việc xác định đúng đắn thời gian tưới có ý nghĩa lớn trong khi xây dựng chế độ tưới hợp lý, nâng cao chất lượng tưới, làm tăng năng suất cây trồng.

Có nhiều phương pháp xác định thời gian tưới :

- Xác định theo giai đoạn phát triển của cây trồng ;
- Xác định theo hình thái bên ngoài của cây trồng ;
- Xác định theo các chỉ tiêu sinh lý của cây trồng ;
- Xác định theo độ ẩm của lớp đất.

4- Số lần tưới

Sau khi xác định được thời gian tưới thì phải xác định được số lần tưới trong suốt cả thời vụ của cây trồng.

Khi xác định số lần tưới cần chú ý đến các giai đoạn sinh trưởng của cây, có nhu cầu về nước lớn và hiệu suất sử dụng nước cao làm sao cho phù hợp để vừa đảm bảo nhu cầu nước cho cây trồng, vừa tiết kiệm nước và kết hợp chặt chẽ với các biện pháp canh tác khác nhằm nâng cao hiệu quả của việc tưới nước.

13.2. PHƯƠNG PHÁP VÀ KỸ THUẬT TƯỚI

13.2.1. Khái niệm chung

Phương pháp và kỹ thuật tưới là một trong những biện pháp chủ yếu để sử dụng nước hợp lý, thích hợp với từng loại đất đai, theo nhu cầu sinh lý về nước của các loại cây trồng, nhằm tăng năng suất lao động và tăng năng suất cây trồng.

Khi chọn phương pháp tưới và kỹ thuật tưới cần chú ý tạo điều kiện thuận lợi cho cơ khí hoá các khâu canh tác, phù hợp với điều kiện đất đai địa hình, kết hợp với các biện pháp nông học nhằm cải tạo đất nâng cao độ phì của đất.

Hiện nay ở trong nước và trên thế giới, đang áp dụng các phương pháp chủ yếu : tưới ngập, tưới rãnh, tưới dải và tưới phun mưa. Ngoài ra phương pháp tưới nhỏ giọt và tưới ngầm cũng đang được nghiên cứu ứng dụng ở một số nước.

Việc chọn phương pháp tưới và kỹ thuật tưới cho từng trường hợp cụ thể rất phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như khí hậu, đất đai địa hình, địa chất thuỷ văn v.v... Ví dụ ở vùng gió mạnh và độ bốc hơi mặt thoáng lớn, hoặc đất thấm nước yếu mà tiêu chuẩn tưới lớn thì không nên tưới phun mưa. Tưới ngập cũng không nên dùng khi độ dốc mặt ruộng lớn hơn 0,001 mà đất không được san bằng. Không nên tưới rãnh và tưới dải khi độ dốc mặt ruộng lớn hơn $0,015 \div 0,02$.

Yêu cầu về sinh lý của cây trồng có ảnh hưởng quyết định đến chế độ nước, do đó đến việc chọn phương pháp và kỹ thuật tưới.

Không nên xem một phương pháp tưới nào là hoàn hảo trong tất cả các trường hợp. Mỗi phương pháp và kỹ thuật tưới đều có ưu, nhược điểm của nó ; vì vậy cần phải xuất phát từ tình hình cụ thể, mà chọn phương pháp và kỹ thuật tưới cho phù hợp.

Việc chọn phương pháp và kỹ thuật tưới nào, trong từng trường hợp, cần phải căn cứ vào các chỉ tiêu về kỹ thuật và kinh tế, kết hợp giữa kỹ thuật hiện đại với điều kiện cụ thể, về khả năng xây dựng đồng ruộng, vật tư và trang bị, về trình độ tổ chức và kỹ thuật của cán bộ và công nhân.

Chỉ tiêu quan trọng nhất là giá đầu tư cơ bản và thời kỳ thu hồi vốn. Chúng ta lập nhiều phương án rồi so sánh chọn phương án tốt nhất.

Nếu kỹ thuật tưới không làm tăng năng suất cây trồng và việc thu hồi vốn chỉ nhờ vào giảm chi phí sản xuất hàng năm thì thời kỳ thu hồi vốn được tính như sau :

$$T = \frac{k}{u_1 - u_2} \quad (13.1)$$

Trong đó : T - Thời kỳ thu hồi vốn (năm) ;

k - Giá đầu tư cơ bản để ứng dụng kỹ thuật tưới mới (đồng) ;

u_1 và u_2 - Chi phí sản xuất hàng năm trước và sau khi ứng dụng kỹ thuật tưới (đ)

Nhưng thường khi ứng dụng kỹ thuật tưới mới đồng thời cũng làm tăng sản lượng cây trồng và thời kỳ thu hồi vốn sẽ tính theo công thức :

$$T = \frac{k}{D_2 - D_1} = \frac{k}{(P_2 - u_2) - (P_1 - u_1)} \quad (13.2)$$

Trong đó : D_1 và D_2 - Lợi nhuận trước và sau khi ứng dụng kỹ thuật tưới ;

P_1 và P_2 - Giá trị tổng sản lượng trước và sau khi ứng dụng kỹ thuật tưới;

u_1 và u_2 - Chi phí sản xuất trước và sau khi ứng dụng kỹ thuật tưới.

Phương án tốt nhất là phương án có thời kỳ thu hồi vốn ngắn nhất. Tuy nhiên cũng có trường hợp khi ứng dụng kỹ thuật tưới mới, thì giá thành tưới sẽ cao hơn (ví dụ tưới phun mưa cho các loại rau) nhưng sẽ tăng năng suất lao động, giảm lao động chân tay, chất lượng tưới tốt hơn, đảm bảo kịp thời vụ, mở rộng được diện tích, nâng cao được hệ số sử dụng đất và tăng năng suất cây trồng.

13.2.2. Phương pháp và kỹ thuật tưới ngập

Tưới ngập là phương pháp tưới lâu đời nhất, chủ yếu dùng để tưới cho lúa nước trong suốt thời kỳ sinh trưởng. Cũng có thể tưới ngập cho một số cây trồng khác trong từng giai đoạn nhất định như ngô, cói, đay và một số cây thức ăn cho chăn nuôi. Cũng có thể dùng tưới ngập để cải tạo đất như thau chua rửa mặn, hoặc giữ ẩm cho đất trong thời kỳ khô hạn chưa canh tác. Phương pháp này có những ưu điểm như :

Tưới ngập thích hợp khi mặt ruộng bằng phẳng độ dốc không lớn hơn 0,001 , tính thấm nước của đất yếu và mức tưới lớn. Vì vậy năng suất lao động của người tưới cao ; một người có thể tưới cho 30 ÷ 40 ha.

Hệ số sử dụng ruộng đất cao, vì có thể xây dựng hệ thống tưới tiêu cho những thửa có diện tích lớn.

Lớp nước trên ruộng tạo điều kiện cho bộ rễ của lúa phát triển tốt, hấp thụ các loại phân bón được thuận lợi, hạn chế được nhiều loại cỏ dại.

Lớp nước trên ruộng, còn làm chế độ nhiệt của ruộng lúa tốt hơn, nhất là ở những vùng có độ chênh nhiệt độ giữa ban ngày và ban đêm lớn.

Tuy nhiên tưới ngập có nhược điểm và hạn chế sau : tưới ngập không ứng dụng được để tưới cho các loại cây trồng cạn, nhu cầu về nước ít, hoặc ở các đất có độ dốc lớn. Tưới ngập làm cho độ thoáng khí trong đất kém, quá trình phân giải các chất hữu cơ bị hạn chế. Nếu chế độ tưới không thích hợp, việc tổ chức quản lý tưới kém sẽ làm ảnh hưởng xấu đến phát triển của cây trồng, gây lãng phí nước, làm xói mòn đất và rửa trôi phân bón.

Vì vậy khi áp dụng phương pháp tưới ngập cần đảm bảo các khâu kỹ thuật sau :

Quy hoạch xây dựng đồng ruộng, xác định hệ thống kênh tưới tiêu. Đây là khâu đầu tiên và ảnh hưởng đến toàn bộ quá trình sản xuất lúa.

Có hai phương pháp tưới tiêu riêng biệt và tưới tiêu kết hợp :

- Tưới tiêu riêng biệt là ở mỗi khoảnh ruộng có kênh tưới và kênh tiêu riêng. Mỗi kênh tưới có thể tưới cho một bên hoặc hai bên, tùy địa hình, và cách bố trí kênh tiêu cũng có thể tiêu một bên hoặc hai bên.

Dùng phương pháp tưới tiêu riêng biệt, ta chủ động được tưới tiêu, áp dụng được tưới tiêu khoa học, đáp ứng đúng yêu cầu sinh lý của lúa và có thể dùng biện pháp tưới tiêu để cải tạo đất nhất là ở vùng chua mặn, tăng được năng suất cây trồng và tạo điều kiện thuận lợi cho cơ khí hoá các khâu canh tác. Nhược điểm là tốn nhiều đất và nhiều công trình, hệ số sử dụng đất thấp.

- Phương pháp tưới tiêu kết hợp là có một hệ thống kênh vừa làm nhiệm vụ tưới nước vừa tiêu nước. Ưu điểm là diện tích chiếm đất của hệ thống kênh ít, và khối lượng công trình nhỏ. Nhược điểm là không chủ động tưới tiêu cho từng khoảnh từng thửa được, để thực hiện các biện pháp cải tạo đất, thâm canh tăng năng suất cây trồng.

13.2.3. Phương pháp và kỹ thuật tưới rãnh

Phương pháp tưới rãnh được phổ biến nhất để tưới cho hầu hết các loại cây trồng như bông, ngô, mía, các loại cây có củ, quả, như khoai sắn, củ đậu, cà chua và các loại rau, như bắp cải, su hào v.v...

Khi tưới rãnh, nước không chảy vào khắp mặt ruộng, mà chỉ vào trong rãnh tưới, giữa các hàng cây trồng. Yêu cầu của tưới rãnh là xác định đúng đắn các yếu tố kỹ thuật tưới chủ yếu, như lưu lượng nước trong rãnh tưới , chiều dài rãnh tưới và thời gian tưới để đảm bảo tiêu chuẩn tưới định trước theo yêu cầu sinh lý của cây trồng, phù hợp với các điều kiện đất đai, địa hình và thời tiết khí hậu.

Tùy theo cách tưới nước vào rãnh và cho thấm vào đất mà chia ra hai loại rãnh tưới : rãnh thoát và rãnh ngập.

Rãnh thoát là loại rãnh, nước vừa từ kênh tưới chảy vào rãnh, vừa thấm hai bên rãnh làm ẩm đất. Tùy theo điều kiện địa hình, đất đai mà lưu lượng nước chảy trong rãnh từ 0,05 đến 2 l/s và chiều dài rãnh từ 50m đến 500m, thời gian cuối từ 1÷2 giờ đến 2÷3 ngày.

Khi tưới rãnh thoát, nước vừa chảy trong rãnh vừa ngấm hai bên rãnh, làm ẩm đất, nên thường có lượng nước chảy đi ở cuối rãnh khoảng từ 20÷60% lượng nước tưới. Để giảm lượng nước chảy đi đó, thì khi nước đã chảy đến cuối rãnh người ta giảm lưu lượng nước vào rãnh từ 1,5 đến 3 lần. Như thế, vận tốc nước chảy trong rãnh đã thấm ướt được giảm xuống, không làm xói mòn rãnh, đất vẫn được làm ẩm đều, mà ít có nước thừa chảy đi ở cuối rãnh.

Rãnh ngập là loại rãnh tưới làm ẩm đất hai bên rãnh chủ yếu bằng lượng nước trữ trong rãnh sau khi thôi dẫn nước vào rãnh. Loại rãnh ngập được ứng dụng chủ yếu trên ruộng phẳng hay có độ dốc rất nhỏ (nhỏ hơn 0,002). Rãnh ngập sâu 20÷25cm chiều rộng trên mặt 50÷60cm và chiều dài rãnh 40÷80m.

Để làm ẩm đất đều, chiều dài rãnh làm sao để khi ở đầu rãnh nước ngập 1/3 độ sâu rãnh thì ở cuối rãnh nước không ngập quá 3/4 rãnh.

Ưu điểm của tưới rãnh là xây dựng đồng ruộng dễ dàng, thích ứng với từng điều kiện cụ thể về đất đai, khí hậu và cây trồng. Đảm bảo đất được tơi xốp, không phá vỡ lớp kết cấu trên mặt ruộng, vẫn giữ được thoáng khí làm cho cây trồng phát triển thuận lợi. Đảm bảo đúng lượng nước theo nhu cầu của cây trồng. Tiết kiệm nước, ít hao phí do bốc hơi và ngấm xuống sâu.

13.2.4. Phương pháp và kỹ thuật tưới dải

Tưới dải dùng để tưới cho các loại cây trồng gieo dày hoặc hàng hẹp như đay, vùng, lạc, đỗ, các cây thức ăn cho chăn nuôi. Cũng dùng để tưới cho ngô và các vườn cây. Ở vùng khô hạn, có thể tưới làm ẩm đất trước khi gieo.

Những yếu tố kỹ thuật tưới dải là chiều dài và chiều rộng dải, lưu lượng riêng của nước chảy ở đầu dải tính bằng lít/s/m, thời gian tưới và chiều cao giới hạn của bờ dải.

Những yếu tố kỹ thuật của tưới dải cũng phụ thuộc vào những điều kiện như tưới rãnh nhưng chủ yếu vào độ dốc ngang của mặt ruộng.

Tưới dải thích hợp nhất với độ dốc mặt ruộng từ 0,002÷0,008. Nếu độ dốc lớn hơn 0,02 thì không tưới dải được vì tốc độ chảy trên mặt ruộng lớn, nước không kịp ngấm làm ẩm đất lượng nước chảy đi sẽ nhiều, lãng phí nước và gây bào mòn lớp đất trên mặt ruộng.

Có hai cách tưới dải : tưới từ đầu dải và tưới từ bên cạnh dải.

Nếu tưới từ đầu dải thì chia ruộng ra từng dải theo hướng dốc nhất. Nếu hệ thống kênh tưới bố trí theo sơ đồ dọc thì phải đào các mương dẫn nước theo chiều ngang dải. Nếu hệ thống kênh tưới bố trí theo sơ đồ ngang thì lấy nước trực tiếp từ kênh tưới tạm thời.

Tưới từ bên cạnh dải được áp dụng trong các trường hợp địa hình trên ruộng phức tạp gồ ghề và dốc theo hướng ngang dải.

Khác với tưới đầu dải là ở giữa các dải không có bờ giữ nước, mà các rãnh tưới sâu từ 25÷30cm. Chiều rộng dải khi tưới bên thường là 8÷12m tùy theo chiều rộng làm việc của các loại máy gieo và máy thu hoạch.

Nước từ kênh tưới chảy vào rãnh tưới. Ở rãnh tưới khoảng 10÷15m có một chỗ lấy nước vào dải. Nên chọn chỗ lấy nước ở vị trí cao của dải. Nước từ rãnh tưới chảy vào một dải (tưới một bên) hay tưới cho cả hai dải bên rãnh tưới (tưới hai bên) tùy theo địa hình và cách bố trí rãnh.

Nhược điểm của phương pháp tưới này là làm ẩm đất không đều và tốn nước do ngấm sâu xuống rãnh tưới.

Mặc dù vậy tùy thuộc vào điều kiện địa hình, phương pháp canh tác và cây trồng người ta vẫn dùng phương pháp tưới này.

13.2.5. Phương pháp và kỹ thuật tưới phun mưa

Phương pháp tưới phun mưa là phương pháp tưới mới được phát triển rộng rãi trong vòng 40 năm nay. Nguyên tắc chính của phương pháp này là dùng hệ thống máy bơm, ống dẫn nước và vòi phun để tạo thành mưa tưới nước cho các loại cây trồng.

Ưu điểm nổi bật của phương pháp tưới phun mưa là có thể ứng dụng tưới trong những điều kiện sau:

- Khi tiêu chuẩn tưới nhỏ, có thể điều chỉnh trong phạm vi lớn (30÷ 900 m³/ha)
- Tưới trên đất xốp như đất cát và cát pha, có độ thấm nước lớn.
- Tưới trên mọi địa hình phức tạp: Dốc, không bằng phẳng ... và tiết kiệm nước tưới (đối với vùng nguồn nước tưới hạn chế)

Tưới phun mưa làm nâng cao hệ số sử dụng hữu ích của hệ thống tưới và sử dụng nước trên đồng ruộng. ở Mỹ hệ số sử dụng hữu ích khi tưới phun mưa là 0,67, Còn các phương pháp tưới khác là 0,56 ; ở Nhật là 0,75 ÷ 0,80 còn các phương pháp tưới khác là 0,65÷ 0,7 ..v...v.

Tưới phun mưa thuận tiện cho việc phòng trừ sâu bệnh và chống cỏ dại. Có thể hoà lẫn các loại nước cùng với nước tưới cho cây trồng.

Tưới phun mưa còn làm tăng năng suất chất lượng sản phẩm của các loại cây trồng. ở Italia khi tưới phun mưa cho Nho, người ta đã nhận thấy chất lượng nho tốt hơn, hàm lượng đường trong nho tăng 2% . ở Việt Nam, qua thí nghiệm tưới phun mưa tại đồi chè 66 - Hợp tác xã Tiên Phú - Phù Ninh - Vĩnh phúc cho thấy năng suất chè tăng được 50% so với đối chứng không tưới.

Tuy nhiên tưới phun mưa không thích hợp ở vùng có gió mạnh. Việc phục vụ kỹ thuật và tổ chức phục vụ các hệ thống máy phun mưa phức tạp, cần có đội ngũ công nhân có trình độ kỹ thuật . Các thiết bị phun mưa do công nghiệp chế tạo hiện nay có năng suất chưa cao, chưa đáp ứng đầy đủ các yêu cầu trong sản xuất, chưa phù hợp với điều kiện sinh lý trong từng giai đoạn phát triển của cây trồng và thích ứng với các loại đất đai địa hình khác nhau. Nhìn chung giá thành tưới trên một đơn vị sản phẩm còn cao.

Tuy có những nhược điểm trên, nhưng do những ưu điểm cơ bản của tưới phun mưa, nên phương pháp tưới này đang được áp dụng rộng rãi ở nhiều nước và phát triển với tốc độ cao .

Theo tài liệu của Tritrexốp, năm 1970 ở Tiệp Khắc 97% tưới bằng phương pháp phun mưa ; ở Đức 79%; Itsraen 90%; Anh 80%; Hungaria 72%...

Ở Việt Nam hiện nay đang được áp dụng rất phổ biến phương pháp tưới phun mưa cho các vùng chuyên canh rau ở Hà Nội, Hải Phòng, Đà Lạt... các vùng trồng cây công nghiệp như cà phê, chè. cao su, uôm cây, trồng rừng ... ở Tây nguyên. Lâm Đồng... đã mang lại những hiệu quả kinh tế đáng khích lệ.

Những yếu tố kỹ thuật chủ yếu trong máy tưới phun mưa là cường độ mưa, kích thước hạt mưa và thời gian tưới.

1. Cường độ mưa là lớp nước tưới được trong một đơn vị thời gian, được xác định

theo công thức
$$i = \frac{h}{t} \text{ (mm/ph)} \quad (13.3)$$

Trong đó: i - Cường độ mưa

h - Lớp nước tưới được trong thời gian t

t - Thời gian tưới

Trong thực tế khi thiết kế và sử dụng hệ thống tưới phun mưa, người ta dùng chỉ số cường độ mưa trung bình (i_{tb})

$$i_{tb} = \frac{60Q}{F} \text{ (mm/ ph)} \quad (13.4)$$

Trong đó: Q - Lưu lượng của máy phun mưa

F - Diện tích tưới của máy phun mưa

Phần lớn các loại máy phun mưa hiện nay có cường độ mưa là 0,1÷ 0,5 mm/ph

Cường độ mưa đảm bảo mức tưới định trước, không tạo thành vũng và dòng chảy trên mặt ruộng gọi là cường độ mưa cho phép. Cường độ mưa cho phép thay đổi tùy theo loại đất. Ví dụ ở đất cát pha và đất cát cường độ mưa cho phép là $0,45 \div 0,15$ mm/ph; Đất thịt nhẹ và trung bình $0,25 \div 0,15$ mm/ph; Đất thịt nặng $0,10 \div 0,16$ mm/ph.

Ngoài ra cường độ mưa cho phép còn phụ thuộc vào độ dốc và trạng thái mặt ruộng. Bảng 13-2 giới thiệu cường độ mưa cho phép trong các điều kiện khác nhau (Theo số liệu của hãng Sempioop - Mỹ)

2. Kích thước hạt mưa ảnh hưởng nhiều đến chất lượng tưới, đến khả năng hút ẩm của đất và tùy theo loại cây trồng và thời kỳ sinh trưởng (Khi tưới cho cây con, kích thước hạt mưa thường từ $0,4 \div 0,6$ mm).

Kích thước hạt mưa nhỏ có thể tăng được tiêu chuẩn tưới, do đó tăng được năng suất tưới. Ví dụ đường kính hạt mưa là $1,4 \div 1,6$ mm, tiêu chuẩn tưới là $250 \div 300$ m³/ha, nếu đường kính là $0,4 \div 0,6$ mm thì có thể tăng đến $400 \div 500$ m³/h ($1,5 \div 2$ lần)

Bảng 13-2

LOẠI ĐẤT	Cường độ mưa trung bình cho phép (mm/ph)							
	Độ dốc mặt ruộng							
	0 ÷ 0,05		0,05 ÷ 0,08		0,08 ÷ 0,12		> 0,12	
	Có xói	Khôn g xói	Có xói	Không xói	Có xói	Khôn g xói	Có xói	Khô ng xói
Đất cát	0,85	0,85	0,85	0,63	0,63	0,42	0,42	0,21
Đất cát bị nén chặt	0,74	0,63	0,53	0,42	0,42	0,32	0,32	0,17
Đất cát nhẹ	0,74	0,42	0,53	0,33	0,42	0,25	0,32	0,17
Đất cát nhẹ bị nén chặt	0,53	0,32	0,32	0,21	0,32	0,17	0,21	0,12
Đất thịt trung bình	0,42	0,21	0,33	0,17	0,25	0,13	0,17	0,07
Đất thịt TB bị nén chặt	0,25	0,12	0,21	0,11	0,14	0,06	0,12	0,04
Đất thịt nặng	0,07	0,06	0,06	0,04	0,05	0,03	0,04	0,02

3. Thời gian tưới phun mưa tùy theo cường độ mưa và tiêu chuẩn tưới đối với từng loại đất trong từng điều kiện cụ thể mà xác định. Tuy nhiên thời gian tưới được để nước đọng thành vũng và tạo thành dòng chảy trên mặt.

Hệ thống máy tưới phun mưa gồm có 3 bộ phận chính sau:

1. Trạm bơm để cung cấp nước tưới từ các nguồn nước như sông, ao, hồ, kênh, giếng...v.v. và để tạo nên áp suất cần thiết cho các vòi phun.

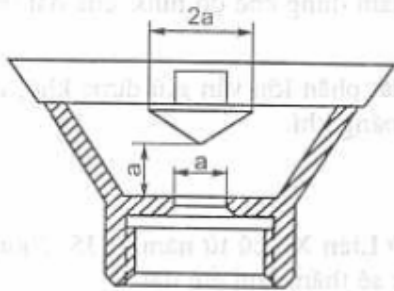
Người ta thường dùng các loại bơm ly tâm nối trực tiếp với động cơ điện, động cơ diezen, động cơ xăng. Các trạm bơm này có thể đặt cố định tại các nguồn nước ổn định. Nhưng thường là di động, để có thể chuyển đến các khu vực cần tưới khác nhau.

Cột áp và lưu lượng của mỗi trạm bơm tùy theo cấu tạo hệ thống đường ống, theo diện tích tưới của máy, theo lưu lượng và áp suất ở các vòi phun.

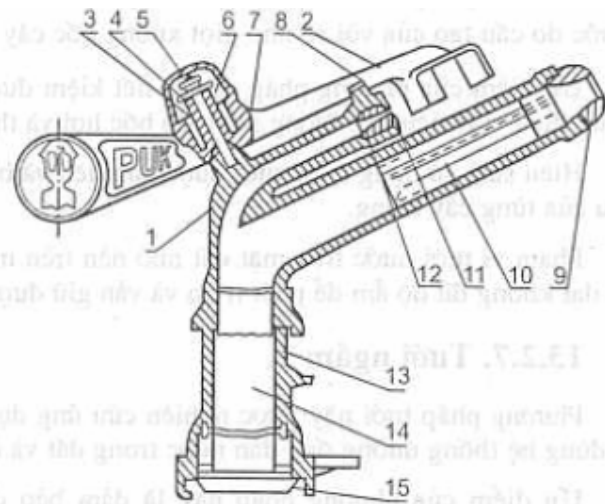
2. Hệ thống đường ống có áp, để dẫn nước từ trạm bơm đến các khu vực tưới, có thể đặt cố định trên mặt hoặc dưới đất. Nếu đặt dưới đất ở những khoảng cách tương ứng với từng loại máy, có đặt các van lấy nước thường thì hệ thống đường ống có áp gồm có phần cố định và phần di động, bằng các đoạn ống hợp kim nhôm chống gỉ có trọng lượng nhẹ, tiện lợi cho việc vận chuyển và lắp ghép

3. Vòi phun là bộ phận chủ yếu của máy phun mưa. Hiện nay thường dùng 2 loại vòi chính:

-Vòi khuyếch tán, dùng ở các máy phun mưa tia ngắn, có cấu tạo đơn giản vẽ ở hình 13-1



Hình 13-1



Hình 13-2

Phần dưới vòi có ren để lắp vào ống tưới hay cách máy tưới phun mưa. Phần giữa là 1 bản lá có lỗ phun. Phần trên là miệng ra, có lắp bộ phận khuyếch tán, dạng hình nón, đỉnh về phía dưới. Trục của bộ phận khuyếch tán trùng với trục của lỗ phun. Đường kính hình nón khuyếch tán bằng 2 lần đường kính lỗ phun. Góc hình nón là 120° . Khoảng cách từ đỉnh nón đến lỗ phun bằng đường kính lỗ phun.

- Vòi phun tia thường dùng trong các máy phun mưa tia trung bình và dài.

Vòi gồm 3 bộ phận chủ yếu: Trụ không, chuyển động để lắp thân vòi; Thân vòi quay được có cơ cấu phun tia và bộ phận để làm quay thân vòi

Sơ đồ cấu tạo của 1 vòi phun tia được mô tả trên hình 13-2

Đó là vòi phun PU - K- 2 trên các hệ thống máy phun mưa Sigma của Tiệp Khắc. Nước từ đường ống vào thân vòi 1 qua cơ cấu dẫn hướng 10 và qua lỗ vòi 9 để tưới nước cho cây trồng. Một phần nước qua lỗ vòi 12 phun vào cơ cấu phạn xạ của đòn gánh 2, làm quay đòn gánh 2 quanh chốt giữ 7. Nhờ lò xo 6, đòn gánh 2 quay ngược trở lại đập vào gờ tựa 8 làm quay thân vòi. Sau đó vòng tia từ vào ra lại làm quay đòn gánh 2 và quá trình trên lặp lại.

Như vậy trong khi tưới vòi sẽ tự quanh tròn xung quanh trụ của nó, và tưới thành vòng tròn có bán kính bằng độ phun xa của vòi

13.2.6. Tưới nhỏ giọt

Tưới nhỏ giọt là một phương pháp mới đang được ứng dụng nhiều ở Itsraen, Mỹ, Úc và một số nước khác có khí hậu khô cần, nguồn nước tưới ít, dùng để tưới cho các loại cây ăn quả có nhu cầu về nước ít như đào, nho v.v...

Nguyên tắc của tưới nhỏ giọt là dùng một hệ thống ống dẫn bằng cao su hoặc chất dẻo có đường kính từ 1,5÷2cm, để dẫn nước từ đường ống có áp, do trạm bơm cung cấp chạy dọc theo các hàng cây. Ở các gốc cây có lắp các vòi có thể điều chỉnh được lượng nước chảy ra. Nước do cấu tạo của vòi sẽ nhỏ giọt xuống gốc cây làm ẩm đất.

Ưu điểm của phương pháp này là tiết kiệm được nhiều nước tưới so với tưới rãnh và tưới phun mưa vì ít tiêu hao lượng nước do bốc hơi và thấm xuống sâu. Hiệu suất sử dụng nước tưới được tăng lên và bảo đảm đúng chế độ nước của đất theo nhu cầu của từng cây trồng.

Phạm vi tưới nước trên mặt đất nhỏ nên trên mặt đất phần lớn vẫn giữ được khô, các loại cỏ dại không đủ độ ẩm để phát triển và vẫn giữ được thoáng khí.

13.2.7. Tưới ngầm

Phương pháp tưới này được nghiên cứu ứng dụng ở Liên xô cũ từ năm 1935. Nguyên tắc là dùng hệ thống đường ống dẫn nước trong đất và nước sẽ thấm làm ẩm đất.

Ưu điểm của phương pháp này là đảm bảo độ ẩm cần thiết trong suốt thời gian sinh trưởng của cây trồng, làm tăng năng suất cây trồng so với các phương pháp tưới khác.

Lớp đất trên mặt vẫn giữ được khô, hoặc ẩm ít ; do đó giữ được thoáng làm cho vi sinh vật hoạt động tốt, làm tăng độ phì của đất.

Cho phép dùng phân hoá học hoà lẫn với nước tưới, trực tiếp bón vào hệ thống rễ cây trồng, làm tăng thêm hiệu quả của phân bón.

Hệ thống tưới không làm trở ngại cho các khâu sản xuất bằng cơ khí trên đồng ruộng, thuận tiện cho việc tự động hoá việc tưới nước và tăng năng suất lao động tưới.

Tuy nhiên việc mở rộng tưới ngầm trong sản xuất còn hạn chế, chưa phát triển rộng rãi vì xây dựng hệ thống tưới phức tạp, giá thành đầu tư trang thiết bị và xây dựng cơ bản cao.

CHƯƠNG XIV

HỆ THỐNG CẤP NƯỚC

14.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ HỆ THỐNG CẤP NƯỚC

14.1.1. Sơ đồ và phân loại hệ thống cung cấp nước

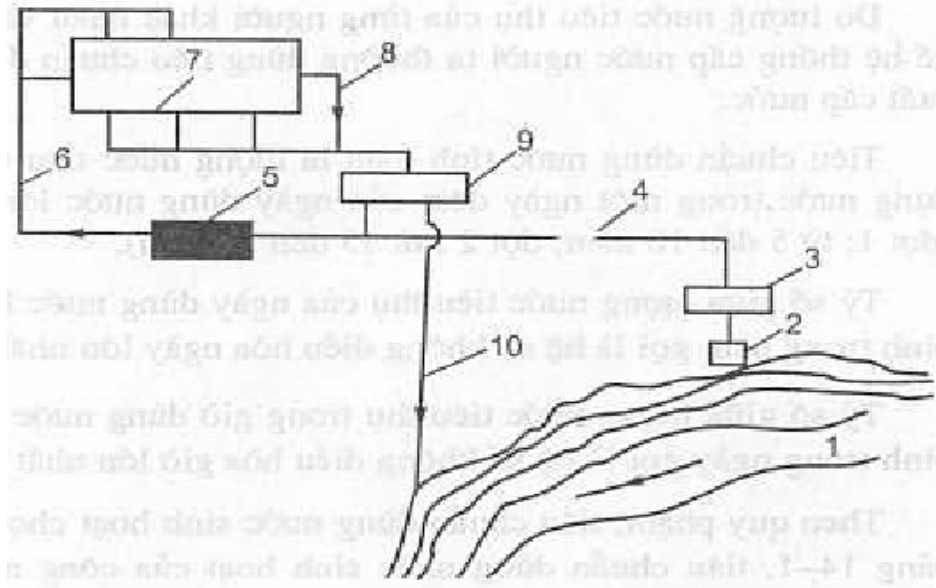
- Hệ thống cấp nước là một tập hợp các công trình: thu nước, xử lý nước, điều hoà dự trữ nước, vận chuyển và phân phối nước đến nơi tiêu dùng.
- Các yêu cầu cơ bản đối với một hệ thống cấp nước là:
 - + bảo đảm đa dạng đủ và liên tục lượng nước cần thiết đến các nơi tiêu dùng;
 - + bảo đảm chất lượng nước đáp ứng các yêu cầu sử dụng;
 - + giá thành xây dựng và quản lý rẻ thi công và quản lý dễ dàng thuận tiện;
 - + có khả năng tự động hoá và cơ giới hoá việc khai thác, xử lý và vận chuyển nước...

Phân loại hệ thống cung cấp nước:

- 1 - Theo đối tượng phục vụ : Hệ thống cấp nước đô thị, công nghiệp, nông nghiệp, đường sắt...
- 2 - Theo chức năng phục vụ : Hệ thống cấp nước sinh hoạt, sản xuất, chữa cháy...

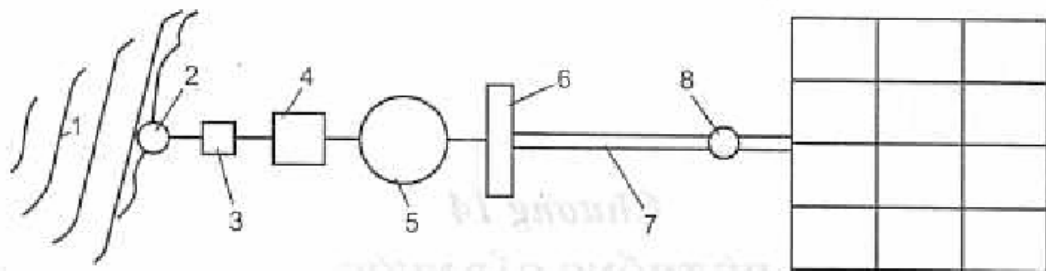
Ngoài ra người ta còn phân loại theo: phương pháp sử dụng (chảy thẳng, tuần hoàn); phương pháp vận chuyển nước (có áp, không áp) phương pháp chữa cháy, phạm vi phục vụ...

Mỗi loại hệ thống như vậy về yêu cầu, qui mô, tính chất và thành phần công trình có khác nhau, nhưng dù có phân chia cách nào thì sơ đồ của nó tựu chung cũng có thể là hai loại cơ bản: sơ đồ hệ thống cấp nước tuần hoàn (hình 14-1) và sơ đồ hệ thống cấp nước trực tiếp (hình 14-2)



Hình 14-1. sơ đồ hệ thống cấp nước tuần hoàn

- 1- Nguồn nước; 2- Công trình thu; 3- Trạm bơm cấp I; 4- ống dẫn nước thô;
5- Trạm bơm tăng áp; 6- ống dẫn nước thô và nước tuần hoàn; 9- khu xử lý;
7- Đối tượng dùng nước; 8- Cống dẫn nước thải;



Hình 14-2. sơ đồ hệ thống cấp nước trực tiếp

- 1- Nguồn nước ; 2- Công trình thu ; 3- Trạm bơm cấp I ; 4- Khu xử lý ; 5- Bể chứa; 6- Trạm bơm cấp II ; 7- Hệ thống dẫn nước ; 8- Đài nước ; 9- Mạng lưới cấp nước

14.1.2. Tiêu chuẩn và chế độ dùng nước

- Tiêu chuẩn dùng nước là thông số rất cơ bản khi thiết kế hệ thống cấp nước nó dùng để xác định qui mô hay công suất cấp nước của cơ sở thiết kế.
- Tiêu chuẩn dùng nước sinh hoạt, sản xuất, chữa cháy, nước tưới v.v...

- Tiêu chuẩn dùng nước tính toán là lượng nước tiêu thụ trung bình của một đối tượng sử dụng nước trong một ngày đêm của ngày dùng nước lớn nhất theo từng giai đoạn xây dựng (đợt 1: từ 5 đến 10 năm, đợt 2: từ 15 đến 20 năm).
- Tỷ số giữa lượng nước tiêu thụ của ngày dùng nước lớn nhất so với ngày dùng nước trung bình trong năm gọi là hệ số không điều hoà ngày lớn nhất $K_{ngđmax}$.
- Tỷ số giữa lượng nước tiêu thụ trong giờ dùng nước lớn nhất so với giờ dùng nước trung bình trong ngày gọi là hệ số không điều hoà giờ lớn nhất K_{hmax} .
- Theo quy phạm, tiêu chuẩn dùng nước sinh hoạt cho các khu dân cư đô thị xác định theo bảng 14-1, tiêu chuẩn dùng nước sinh hoạt của công nhân sản xuất tại xí nghiệp lấy theo bảng 2-1.

Bảng 2-1

Mức độ tiện nghi của nhà ở trong các khu dân cư đô thị	Tiêu chuẩn dùng nước trung bình, l/ng ngđ	K_{hmax}
1 - Nhà không trang thiết bị vệ sinh, lấy nước ở vòi công cộng.	40 - 60	2,5 - 2,0
2 - Nhà chỉ có vòi nước, không có thiết bị vệ sinh khác	80 - 100	2,0 - 1,8
3 - Nhà có hệ thống cấp thoát nước bên trong nhưng không có thiết bị tắm	120 - 150	1,8 - 1,5
4 - Như trên, có thiết bị tắm hoa sen	150 - 200	1,7 - 1,4
5 - Nhà có hệ thống cấp thoát nước bên trong có bồn tắm và có cấp nước nóng cục bộ	200 - 300	1,5 - 3,0

Chế độ dùng nước hay lượng nước tiêu thụ từng giờ trong ngày đêm cũng là một số liệu rất quan trọng khi thiết kế hệ thống cấp nước.

- Nó dùng để lựa chọn công suất máy bơm cũng như để xác định dung tích các bể chứa đài nước. Chế độ dùng nước thay đổi phụ thuộc vào điều kiện khí hậu ; chế độ làm việc, nghỉ ngơi của con người, nhà máy...
- Nó được xây dựng trên cơ sở công tác điều tra thực nghiệm và được biểu diễn bằng bảng lượng nước tiêu thụ theo từng giờ trong ngày đêm hay biểu đồ dùng nước. Từ các bảng và biểu đồ này ta có thể dễ dàng tìm được hệ số không điều hoà giờ $K_{h \max}$, $K_{h \min}$ trong từng trường hợp cụ thể khác nhau.

14.1.3. Lưu lượng tính toán

- Tính lưu lượng nước ngày đêm trung bình Q_{ndtb} được xác định theo công thức :

$$Q_{ngdtb} = \sum_{i=1}^K n_i q_i \quad (14-1)$$

Trong đó : i - Số thứ tự các khu vực dùng nước ;

K - Tổng số các khu vực dùng nước .

n_i - Số đối tượng yêu cầu dùng nước của mỗi điểm .

q_{indtb} - mức yêu cầu ngày đêm trung bình của mỗi điểm.

- Mức tiêu thụ nước không đều nhau trong cả năm và trong từng ngày do đó lưu lượng nước ngày đêm giờ và giây cực đại được xác định :

$$Q_{ngdmax} = K_{ngdmax} \cdot Q_{ndtb} \quad (m^3/ngđ) \quad (14-2)$$

$$Q_{hmax} = K_{hmax} \frac{Q_{ngdmax}}{24} \quad (m^3/h) \quad (14-3)$$

$$Q_{hmax} = \frac{Q_{hmax}}{3600} = \frac{K_{ngdmax} \cdot K_{hmax} \cdot Q_{ngdmax}}{24 \times 3600} \quad (m^3/h) \quad (14-4)$$

14.2. NGUỒN NƯỚC VÀ CÔNG TRÌNH THU NƯỚC

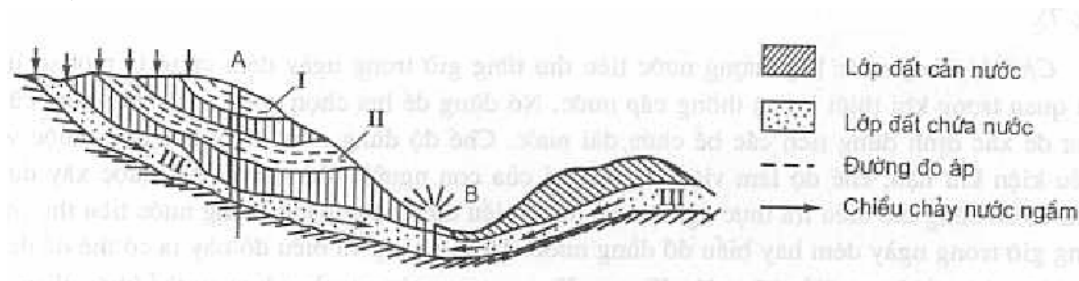
14.2.1. Nguồn cung cấp nước

Trong cung cấp nước người ta thường sử dụng các loại nguồn cung cấp nước sau đây:

- Nguồn nước ngầm ;
- Nguồn nước mặt ;
- Nguồn nước mưa .

1) Nguồn nước ngầm

Nước ngầm tạo thành bởi nước mưa rơi trên mặt đất, thấm qua các lớp đất, được lọc sạch và giữ lại trong các lớp đất chứa nước, giữa các lớp cản nước. Lớp đất giữ nước thường là cát, sỏi, cuội hoặc lẫn lộn các thứ trên với các cỡ hạt và thành phần khác nhau. Lớp đất cản nước thường là đất sét, đất thịt ... Ngoài ra nước ngầm có thể còn do nước thấm từ đáy, thành sông hoặc hồ tạo ra.



Sơ đồ tạo thành nguồn nước ngầm

- *Nước ngầm không áp*: thường là nước ngầm mạch nông (3-10m) (vị trí A Khi đào đến lớp I).
- *Nước ngầm có áp*: thường là nước ngầm mạch sâu trên 20m (vị trí B).
- Nước ngầm có ưu điểm là trong sạch (hàm lượng cặn nhỏ, ít vi trùng) xử lý đơn giản nên giá thành rẻ có thể xây dựng phân tán nên đường kính ống nhỏ và đảm bảo an toàn cấp nước.
- Nhược điểm của nó là thăm dò lâu, khó khăn, đôi khi chứa nhiều sắt và bị nhiễm mặn nhất là các vùng ven biển, khi đó việc xử lý tương đối khó khăn và phức tạp.
- nước ngầm thường được ưu tiên chọn làm nguồn nước để cấp cho sinh hoạt an uống.

2) Nguồn nước mặt

- Nước sông:

- Lưu lượng lớn, dễ khai thác, độ cứng và hàm lượng sắt nhỏ.
- Có hàm lượng cặn cao, độ nhiễm bẩn về vi trùng lớn nên giá thành xử lý thường đắt.
- Nước sông thường có sự thay đổi lớn theo mùa về độ đục, lưu lượng và nhiệt độ.
- Nước hồ đầm: tương đối trong trẻo ven hồ do bị ảnh hưởng của sóng. Nước hồ đầm thường có độ màu cao do ảnh hưởng của rong rêu và các thủy sinh vật, nó thường bị nhiễm bẩn nếu không được bảo vệ cẩn thận.

3) Nguồn nước mưa

Nước mưa tương đối sạch, tuy nhiên nó cũng bị nhiễm bẩn do rơi qua không khí, mái nhà ... Nước mưa thiếu các muối khoáng cần thiết cho sự phát triển cơ thể con người và gia súc.

14.2.2. Công trình thu nước ngầm

1) Giếng khơi

- Là công trình thu nước mạch nông, phục vụ cấp nước cho một gia đình hay một đối tượng dùng nước nhỏ.
- Khi cần lượng nước lớn hơn có thể xây dựng một nhóm giếng khơi nối vào giếng tập trung bằng ống xi phông (hoặc xây giếng có đường kính lớn với các ống nan quạt có lỗ, đặt trong lớp đất chứa nước để tập trung nước vào giếng rồi bơm nước lên sử dụng.
- Vị trí đào giếng căn cứ vào tài liệu địa chất thủy văn đồng thời đảm bảo yêu cầu vệ sinh cách xa nơi gây nhiễm bẩn nguồn nước giếng tối thiểu từ 7m đến 10m.
- Để tránh nước mưa chảy trên mặt kéo theo chất bẩn chui vào giếng, phải lát nền và xây bờ xung quanh giếng cao hơn mặt đất khoảng 0,8m đồng thời phải bọc đất sét dày 0,5m xung quanh thành giếng từ mặt đất xuống tới độ sâu 1,2m.

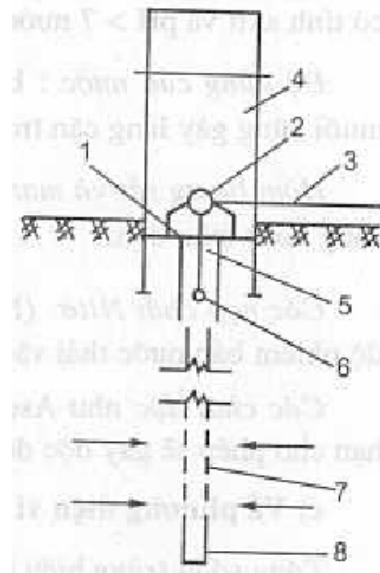
2) Giếng khoan

Là công trình thu nước ngầm mạch sâu với công suất lớn từ 5 đến 500l/s, sâu từ 20m đến 200m có đường kính 100 đến 600mm.

Giếng khoan có thể là giếng hoàn chỉnh (khoan tới lớp đất cách nước);

Giếng không hoàn chỉnh (khoan đến lưng chừng lớp đất chứa nước) giếng có áp và không có áp...

Khi cần thu lượng nước lớn người ta dùng một nhóm giếng khoan. Trong trường hợp này sẽ bị ảnh hưởng lẫn nhau khi làm việc đồng thời.



Hình 14-4

1- Cửa giếng; 2- Động cơ điện; 3- ống dẫn; 4- Nhà bao che; 5- ống vách; 6 - Bom; 7- ống lọc; 8- ống lửng

14.2.3. Công trình thu nước mặt

Trong thực tế các công trình thu nước mặt phần lớn là các công trình thu nước sông.

1) Công trình thu nước bờ sông:

áp dụng khi bờ dốc, nước ở bờ sâu và thông xây dựng chung với trạm bơm cấp I nên còn gọi là công trình thu nước loại kết hợp. Khi điều kiện đất ở bờ xấu thì trạm bơm cấp I đặt tách rời ở xa bờ và gọi là công trình thu nước loại phân ly.

2) Công trình thu nước lòng sông:

áp dụng khi bờ thoải, nước nông, mức nước dao động lớn. Khác với loại công trình thu nước bờ sông là cửa thu nước đục đa ra giữa sông, rồi dùng ống dẫn nước về nguồn thu đặt ở bờ.

14.3. XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN

14.3.1. Tính chất nước thiên nhiên và yêu cầu đối với chất lượng nước cấp

a) Về phương diện lý học:

- Nhiệt độ của nước : thay đổi theo nhiệt độ của không khí .

- Độ trong, đục : biểu thị lượng các tạp chất lơ lửng (cát, sét, chất hữu cơ ...) có trong nước.
- Độ màu : do các hợp chất hoà tan hoặc các chất keo gây ra.
- Mùi vị : vị mặn, chua, chát..., mùi hôi, tanh, bùn...

b) Về phương diện hoá học:

- Độ pH : biểu thị lượng ion H^+ có trong nước (pH = 7 nước có tính trung hoà, pH < 7 nước có tính axit và pH > 7 nước có tính kiềm)
- Độ cứng của nước : biểu thị lượng muối Ca và Mg hoà tan trong nước, nước có nhiều muối cứng gây lắng cặn trong nồi hơi, ắc quy, giặt xà phòng ít bọt và nấu thức ăn khó nhừ.
- Hàm lượng sắt và mangan : tính bằng mg/l hợp chất sắt làm cho nước có mùi tanh, màu vàng hoặc màu đen.
- Các hợp chất Nitơ (NH_3 , NO_2^- , NO_3^-). Sự có mặt của các hợp chất này chứng tỏ về mức độ nhiễm bẩn nước thải vào nguồn nước.
- Các chất độc như Asen, đồng, chì, kẽm... nếu chứa trong nước với hàm lượng quá giới hạn cho phép sẽ gây độc đối với người sử dụng nước.

c) Về phương diện vi trùng:

- Tổng số vi trùng hiếu khí có trong một lít nước biểu thị độ bẩn của nước về mặt vi trùng .
- Chỉ số Coli : biểu thị số vi trùng Coli có trong một lít nước. Chỉ tiêu này biểu thị khả năng có hay không có vi trùng gây bệnh đường ruột ở trong nước.

Nước cấp cho sinh hoạt và ăn uống phải trong sạch, không độc hại, không chứa các vi trùng gây bệnh. Tuy nhiên yêu cầu về chất lượng nước cấp tuỳ thuộc vào đối tượng sử dụng cũng như tính chất của mỗi quá trình sản xuất.

14.3.2. Các phương pháp và dây chuyền công nghệ xử lý nước

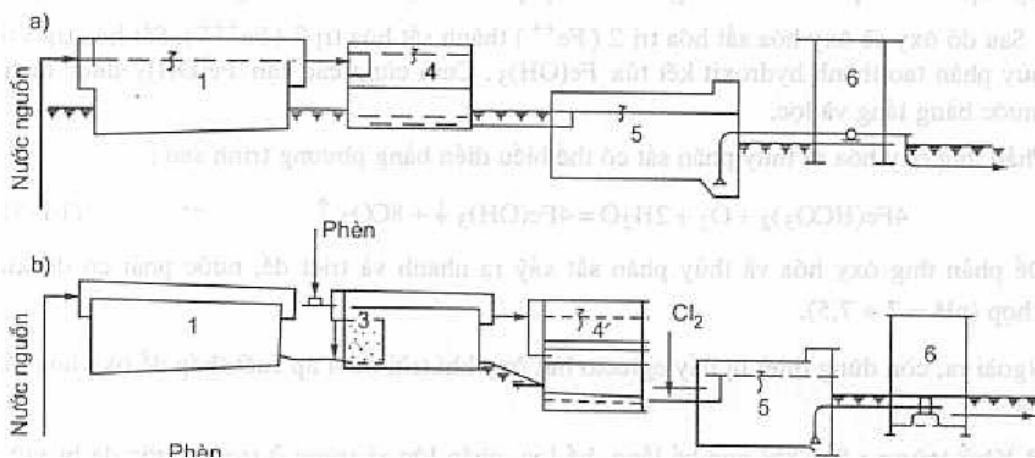
a) Làm trong và khử màu

Là quá trình tách các tạp chất lơ lửng gây ra độ đục của nước. Khử màu thông thường là loại trừ các tạp chất làm cho nước có màu, chủ yếu là các hợp chất keo có kích thước hạt trong khoảng 10^{-4} đến 10^{-6} mm.

* *Xử lý không phèn* (hình 14-5a): Dùng khí công suất của trạm nhỏ và nước nguồn có độ đục và độ màu trung bình.

* *Xử lý có dùng phèn* :

- Dây truyền có sơ lắng (hình 14-5b) dùng khi nước có độ đục > 2000 mg/l.
- Dây truyền lắng và lọc nhanh (hình 14-5c) dùng cho nguồn nước có độ đục < 2000 mg/l.
- Dây truyền bể lọc tiếp xúc (hình 14-5d) dùng cho nguồn nước có độ đục ≤ 150 mg/l, độ màu ≤ 150 độ Coban và công suất bất kỳ.



Hình 14- 5

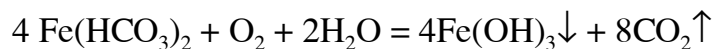
b) Khử sắt :

Thường gặp nước nguồn chứa sắt ở dạng muối hoà tan $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

Để loại trừ sắt trong các nguồn nước như vậy người ta sử dụng rộng rãi phương pháp oxy hoá sắt bằng oxy của khí trời .

Nguyên tắc là nước ngầm được phun thành các hạt nhỏ để tăng diện tích tiếp xúc với không khí và một phần CO_2 hoà tan trong nước sẽ tách ra khỏi nước. Sau đó oxy sẽ oxy hoá sắt hoá trị 2 (Fe^{++}) thành sắt hoá trị 3 (Fe^{+++}). Sắt hoá trị 3 tiếp tục thuỷ phân tạo thành hydroxit kết tủa $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Cuối cùng các cặn $\text{Fe}(\text{OH})_3$ được tách ra khỏi nước bằng lắng và lọc.

Phản ứng oxy hoá ra thuỷ phân sắt có thể biểu diễn bằng phương trình sau:



Để phản ứng oxy hoá và thuỷ phân sắt xảy ra nhanh và triệt để, nước phải có độ kiềm thích hợp ($\text{pH} = 7 \div 7,5$).

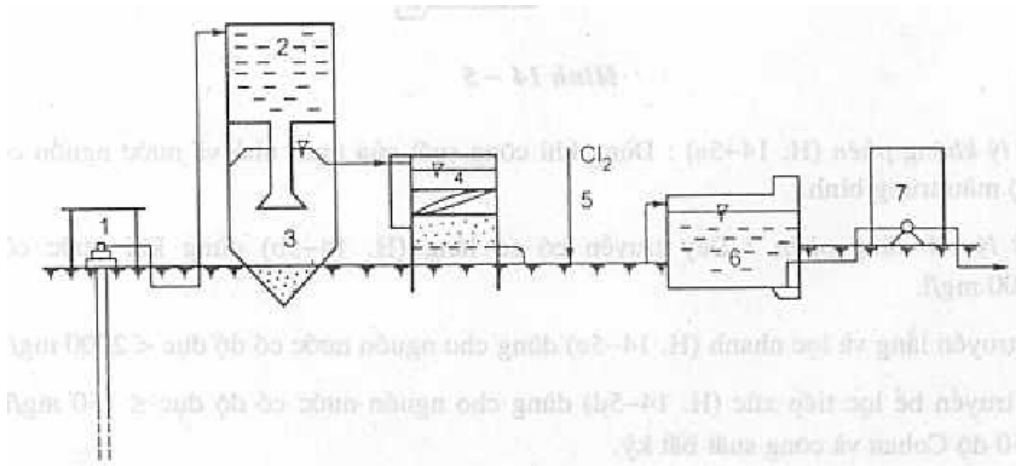
Ngoài ra, còn dùng thiết bị đẩy ejectơ hút oxy khí trời dưới áp suất thấp để oxy hoá sắt - khử sắt.

c) Khử trùng :

Sau khi qua bể lắng, bể lọc, phần lớn vi trùng ở trong nước đã bị giữ lại (90%) và bị tiêu diệt. Tuy nhiên để đảm bảo hoàn toàn vệ sinh, phải tiến hành khử trùng nước.

- Phương pháp thường dùng nhất là Clo hoá tức là sử dụng Clo hoặc hợp chất của Clo như Clorua vôi CaOCl_2 , Zaven NaOCl là những chất oxy hoá mạnh, có khả năng diệt trùng.
- Phương pháp dùng tia tử ngoại : dùng một loại đèn phát ra tia tử ngoại để diệt trùng
- Phương pháp dùng ôzôn (O_3): đưa O_3 vào nước sẽ tạo thành Oxy nguyên tử là chất có khả năng diệt trùng.
- Phương pháp dùng sóng siêu âm: dùng thiết bị phát ra sóng siêu âm tần số 500 kilohec (500KHZ) vi trùng sẽ bị tiêu diệt .

Trường hợp chung, sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước ngầm được thể hiện trên hình 14-6



Hình 14-6

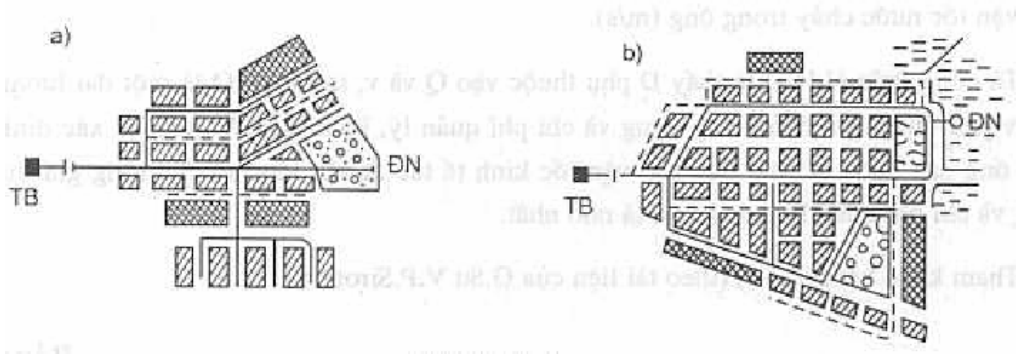
- 1 - giếng khoan và trạm bơm cấp I; 2- Dàn mưa;
 3 - Bể lắng đứng tiếp xúc; 4 - Bể lọc nhanh; 5 - Đường dẫn Clo;
 6 - Bể chứa nước sạch; 7- Trạm bơm cấp II

14.4. MẠNG LƯỚI CẤP NƯỚC

14.4.1. Sơ đồ và nguyên tắc vạch tuyến mạng lưới cấp nước

Mạng lưới cấp nước làm nhiệm vụ vận chuyển và phân phối nước đến các nơi tiêu thụ, Nó bao gồm các đường ống chính, các đường ống nhánh.

Tùy theo qui mô và tính chất của đối tượng tiêu dùng nước, mạng lưới cấp nước có thể được thiết kế theo sơ đồ mạng lưới cắt, mạng lưới vòng, hay hỗn hợp (hình vẽ).



Hình 14 – 7

a) Mạng lưới cắt; b) Mạng lưới vòng

Khi vạch tuyến mạng lưới cấp nước cần dựa trên các nguyên tắc sau :

- Tổng số chiều dài đường ống là nhỏ nhất.
- Đường ống phải bao trùm các đối tượng dùng nước.
- Hướng vận chuyển chính của nước đi về cuối mạng lưới và các điểm dùng nước tập trung.
- Hạn chế việc bố trí đường ống đi qua sông, đê, đầm lầy, đường xe lửa...

14.4.2. Tính toán mạng lưới cấp nước

a) Xác định lưu lượng nước tính toán

$$Q_l = Q_v + \alpha Q_d \quad (l/s) \quad (14-6)$$

Trong đó:

Q_v - Lưu lượng nước vận chuyển qua đoạn ống, bao gồm lưu lượng tập trung lấy ra ở nút cuối của đoạn ống và lưu lượng nước vận chuyển tới các đoạn ống phía sau;

Q_d - Lưu lượng nước dọc đường là lượng nước phân phối theo dọc đường của đoạn ống.

α - Hệ số tương đương kể tới sự thay đổi lưu lượng dọc đường của đoạn ống, thường lấy bằng 0,5;

b) Xác định đường kính ống

Đối với ống tiết diện tròn, đường kính ống được xác định theo công thức :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (\text{mm}) \quad (14-7)$$

Trong đó

D - Đường kính ống (mm) ;

Q - Lưu lượng tính toán của đoạn ống (m³/s) ;

v - Vận tốc nước chảy trong ống (m/s) .

Ta thấy D phụ thuộc vào Q và v , v phụ thuộc vận tốc kinh tế (Bảng 14-3)

Vận tốc kinh tế là vận tốc sao cho tổng giá thành xây dựng và chi phí quản lý mạng lưới là nhỏ nhất.

Bảng 14-3

D , mm	V_k , m/s	V_{tb} , m/s	D_1 , mm	V_k , m/s	V_{tb} , m/s
100	0,15–0,86	0,50	350	0,47–1,58	1,00
150	0,28–1,15	0,70	400	0,50–1,78	1,10
200	0,38–1,43	0,90	450	0,60–1,94	1,30
250	0,38–1,47	0,90	500	0,70–2,10	1,40
300	0,41–1,52	1,00	600	0,95–2,60	1,80

c) Xác định tổn thất cột áp trên các đường ống

- Đối với mạng lưới cấp nước bên ngoài thường người ta chỉ tính tổn thất cột áp do ma sát theo chiều dài, còn tổn thất cột áp cục bộ rất nhỏ nên bỏ qua.

- Tổn thất cột áp do ma sát trên các đường ống cấp nước thường được tính theo công thức sau :

$$h_w = al \frac{Q^2}{K^2} \quad (14-8)$$

Trong đó

a - Hệ số hiệu chỉnh tổn thất (lấy theo bảng 5-1);

l - Chiều dài đường ống (m) ;

K - Hệ số đặc trưng lưu lượng (l/s).

d) Tính toán mạng lưới cụt (mạch rẽ) và mạng lưới vòng (xem chương V).

14.5. TRẠM BƠM, BỂ CHỨA, ĐÀI NƯỚC

14.5.1. Bể chứa - đài nước

- Là công trình trung gian giữa trạm bơm cấp I và trạm bơm cấp II để chứa nước dự trữ nước chữa cháy và nước dùng cho bản thân trạm xử lý.
- Đài nước để điều hoà lưu lượng và cột áp đến các đối tượng tiêu dùng nước và dự trữ nước chữa cháy. Đài nước có thể đặt ở đầu, giữa hoặc cuối mạng lưới cấp nước, nên lợi dụng vị trí địa hình cao để giảm giá thành xây dựng đài.

a) Dung tích của đài nước và bể chứa có thể xác định theo công thức sau :

$$W_d = W_{dh} + W_{cc}^{10'} \quad (14-9)$$

$$W_b = W_{dh} + W_{bt} + W_{cc}^{3h} \quad (14-10)$$

Trong đó W_d , W_b - dung tích của đài nước, bể chứa nước ;

W_{dh} - dung tích điều hoà của đài nước, bể chứa nước ;

$W_{cc}^{10'}$, W_{cc}^{3h} - dung tích nước dự trữ chữa cháy, lấy bằng lượng nước chữa cháy trong 10 phút đối với đài nước và 3 giờ đối với bể chứa.

W_{bt} - lượng nước dùng cho bản thân của trạm xử lý, sơ bộ lấy bằng 5 ÷ 10% công suất của trạm bơm.

Để xác định dung tích điều hoà của bể chứa và đài nước có thể dùng phương pháp thống kê hoặc phương pháp biểu đồ.

- Theo phương pháp thống kê đầu tiên ta chọn giờ dốc cạn sạch nước, thường là giờ sau một thời gian dài lấy nước liên tục, nước trong bể chứa và đài cạn sạch và coi bằng 0. Từ đó tính lượng nước còn lại trong bể và đài trong từng giờ, lượng nước lưu lại lớn nhất sẽ là dung tích điều hoà của bể hoặc đài..

- Theo phương pháp biểu đồ trước hết ta vẽ đồ thị yêu cầu nước của cơ sở cần cấp nước theo từng giờ trong một ngày đêm, được tính bằng phần trăm lưu lượng nước ngày đêm cực đại Q_{ngdmax} .

Chọn số giờ làm việc và chế độ làm việc của trạm bơm trong một ngày và vẽ đồ thị truyền nước của bơm lên cùng đồ thị yêu cầu nước.

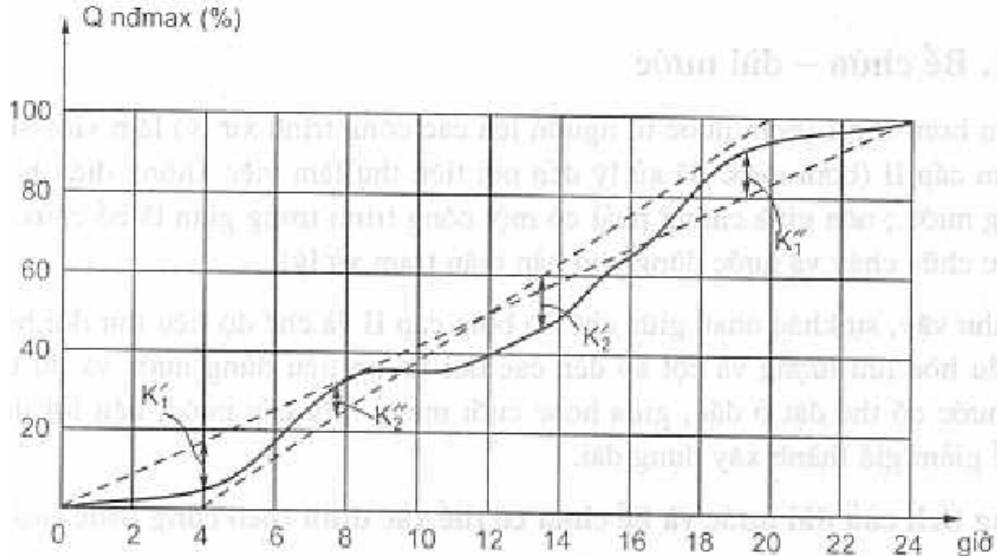
Ví dụ trên hình 14-8, căn cứ đồ thị yêu cầu nước và đồ thị cung cấp nước của trạm bơm ta xác định được dung tích điều hoà:

$$W_{dh} = \frac{K_i' + K_i''}{100} Q_{ngdmax} \quad (14-11)$$

Trong đó:

K_i' -Độ chênh cực đại về phía trên giữa đường truyền nước của trạm bơm và đường cong yêu cầu nước.

K_i'' -Độ chênh cực đại về phía dưới giữa đường truyền nước của trạm bơm và đường cong yêu cầu nước.

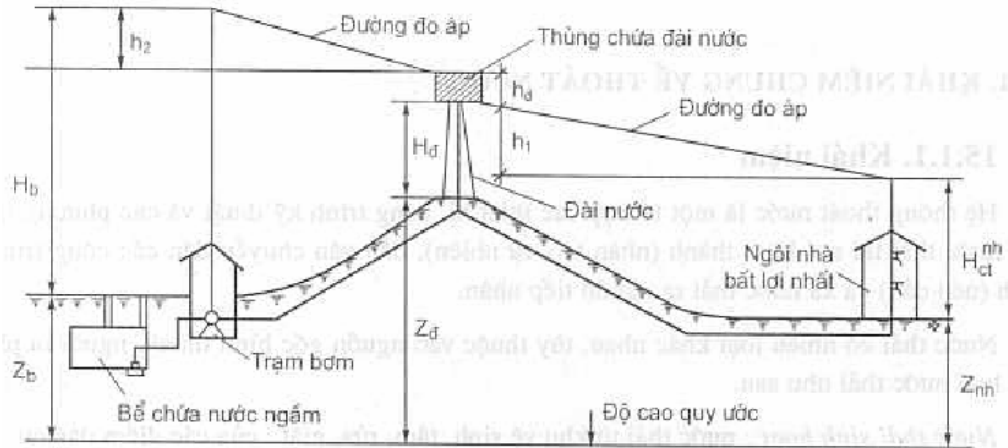


Hình 14-8

b) Phương pháp xác định chiều cao đài nước và cột áp của máy bơm .

- Muốn đảm bảo việc cấp nước được liên tục và đầy đủ thì áp lực của bơm hoặc chiều cao của đài nước phải đủ để đưa nước tới nơi đòi hỏi cần phải cấp nước khó khăn nhất của hệ thống cấp nước.
- áp lực tự do cần thiết tại vị trí cấp nước khó khăn nhất của mạng lưới cấp nước bên ngoài hay cột áp cần thiết H_{cmh} tại điểm đó có thể lấy như sau:
 - Nhà một tầng $H_{cmh} = 10 m$;
 - Nhà hai tầng $H_{cmh} = 12 m$;
- Khi tăng thêm một tầng nhà thì cột áp cần thiết tăng thêm 4m.
- Trong trường hợp chữa cháy áp lực thấp: cột áp cần thiết tại họng chữa cháy bất lợi nhất tối thiểu phải bằng 10m.
- Trường hợp chữa cháy áp lực cao: áp lực cần thiết tại họng chữa cháy bất lợi nhất phải đảm bảo đưa nước tới vị trí khó khăn nhất của ngôi nhà có cháy qua ống vải gai chữa cháy dài 50 - 100m với cột nước chữa cháy tối thiểu bằng 10m.

Để thấy rõ sự liên hệ về cột áp giữa các công trình cấp nước có thể xem sơ đồ giới thiệu trên hình 14-9.



Từ sơ đồ trên hình 14-9 ta tính H_d và H_b theo công thức sau :

$$H_d = Z_{nh} - Z_d + H_{ctnh} + h_1 \quad (\text{m}) \quad (14-12)$$

$$H_b = Z_d - Z_b + H_d + h_d + h_2 \quad (\text{m}) \quad (14-13)$$

Trong đó

Z_b, Z_d, Z_{nh} - Cốt mặt đất tại trạm bơm, đài nước và vị trí cấp nước khó khăn nhất.

H_{ctnh} - Cột áp cần thiết tại vị trí cấp nước khó khăn nhất.

H_d, H_b - Độ cao đài nước, cột áp của bơm.

h_d - Chiều cao thùng chứa nước trên đài;

h_1, h_2 - Tổng tổn thất cột áp trên đường ống dẫn nước từ đài đến vị trí cấp nước khó khăn nhất và từ trạm bơm đến đài.

14.5.2. Bơm và trạm bơm.

- Để đưa nước từ công trình thu nước lên công trình xử lý nước, từ bể chứa lên đài nước hoặc để vận chuyển nước đến các nơi tiêu dùng người ta thường dùng bơm hoặc các thiết bị dâng nước.

- Hiện nay thường sử dụng phổ biến loại bơm ly tâm, trục ngang (hay trục đứng), một cấp (hay nhiều cấp), bơm pittông, bơm tia, bơm nén khí, bơm nước va,... hoặc các thiết bị dâng nước đơn giản khác như: Cầu vọt, ròng rọc, trục quay, v.v...

Trạm bơm cấp I: đưa nước từ công trình thu lên công trình xử lý.

Trạm bơm cấp II: bơm nước từ bể chứa lên đài nước và cung cấp tới các nơi tiêu thụ.

Trạm bơm trung chuyển: khi cần vận chuyển nước đi quá xa hoặc lên cao để tránh áp suất trong đường ống nước quá cao (không kinh tế) và có thể làm vỡ ống .

Trạm bơm tuần hoàn thường được dùng trong các hệ thống cấp nước công nghiệp, dùng để bơm nước đã làm nguội vào các thiết bị, máy móc sản xuất. Khi tính toán thiết kế trạm bơm, trước hết phải xác định năng suất cần thiết và cột áp toàn phần, rồi dựa vào các tài liệu giới thiệu bơm, chọn được loại bơm và số bơm có công suất cần thiết đáp ứng yêu cầu của cơ sở cấp nước (xem chương 9,10).

CHƯƠNG XV

HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC

15.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ THOÁT NƯỚC

15.1.1. *Khái niệm :*

- Là một tổ hợp các thiết bị, công trình kỹ thuật và các phương tiện để thu nước thải tại nơi hình thành (nhân tạo, tự nhiên), dẫn vận chuyển đến các công trình làm sạch (nếu cần) và xả nước thải ra nguồn tiếp nhận.

- Phân loại:

Nước thải sinh hoạt;

Nước thải sản xuất;

Nước mưa.

Hai dạng hệ thống thoát nước :

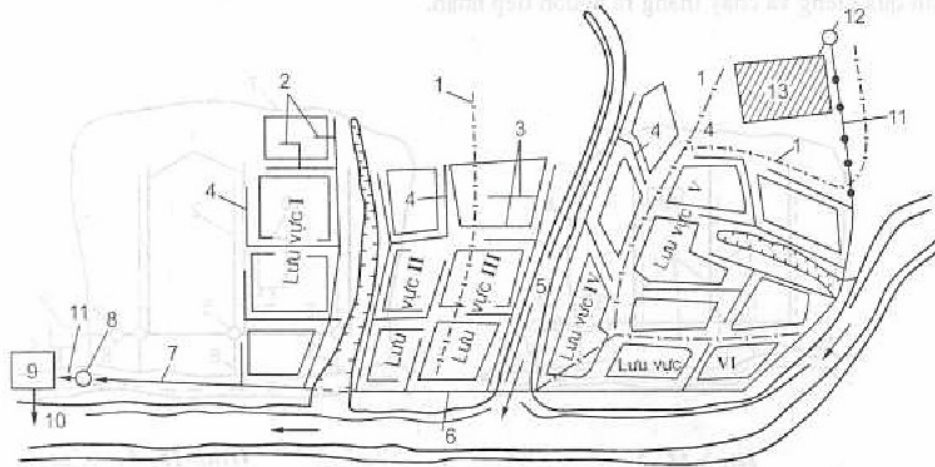
+ Hệ thống thoát nước dạng chuyên chở định kỳ là tập trung chất thải lỏng vào một thùng chứa, định kỳ vận chuyển ra nơi xử lý ngoài đồng xa. Dạng này không đảm bảo vệ sinh của khu vực và không kinh tế, nên chỉ áp dụng đối với điểm dân cư hoặc cơ sở sản xuất nhỏ.

+ Hệ thống thoát nước dạng dòng chảy tự vận chuyển: nước thải theo đường ống - cống ngầm tự vận chuyển ra các trạm xử lý, sau đó được xả ra nguồn tiếp nhận gần nhất.

15.1.2. *Các bộ phận chính của hệ thống thoát nước*

Hệ thống thoát nước gồm có các bộ phận chủ yếu sau :

- Thiết bị thu nước thải.
- Mạng lưới thoát nước.
- Các trạm bơm và ống dẫn có áp (nếu cần).
- Các công trình làm sạch và các ống, cống xả nước thải ra nguồn.



Hình 15-1

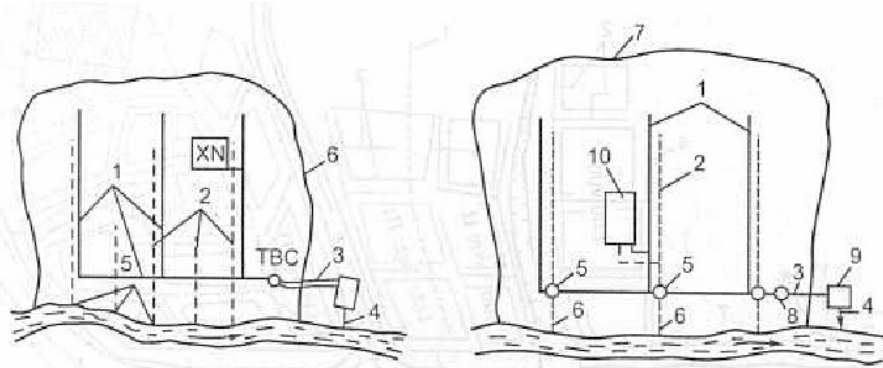
Hình 15-1 là sơ đồ thoát nước của điểm dân cư và xí nghiệp bảo quản chế biến nông sản.

15.1.3. Các loại hệ thống thoát nước

- Hệ thống thoát nước chung: tất cả các loại nước thải được dẫn và vận chuyển trong cùng một mạng lưới tới trạm xử lý hoặc xả ra nguồn. Như vậy những lúc mưa to, lưu lượng nước thải sẽ rất lớn, nồng độ chất bẩn lại thấp, một phần hỗn hợp nước thải sẽ xả ra nguồn qua các giếng tràn nước mưa - các giếng nước mưa thường được bố trí trên cống góp chính gần nguồn tiếp nhận.
- Hệ thống thoát nước riêng: trong đó từng loại nước thải riêng biệt chứa các chất bẩn đặc tính khác nhau, được dẫn và vận chuyển theo các mạng lưới độc lập.

+ Hệ thống thoát nước riêng hoàn toàn (hình 15-2), phải xây dựng ít nhất hai mạng lưới: một mạng để dẫn - vận chuyển nước thải sinh hoạt và nước sản xuất bẩn gọi là mạng lưới thoát nước bẩn; một mạng để dẫn - vận chuyển nước mưa và nước sản xuất qui ước sạch, gọi là mạng lưới thoát nước mưa.

+ Hệ thống thoát nước nửa riêng (hình 15-3) là hệ thống trong đó ở những điểm giao nhau giữa hai mạng lưới độc lập sẽ xây dựng các giếng tràn - tách nước mưa. Khi lưu lượng nhỏ, nước mưa bản sẽ chảy vào mạng lưới thoát nước bẩn sinh hoạt theo cống góp chung chảy thẳng ra trạm xử lý; khi mưa to, lưu lượng nước lớn và tương đối sạch, nước sẽ tràn qua giếng và chảy thẳng ra nguồn tiếp nhận



Hình 15-2

1 - mạng lưới thoát nước sinh hoạt ; 2 - mạng lưới thoát nước mưa ; 3 - đường ống có áp ; 4 - cống xả nước đã làm sạch ; 5 - cống - miệng xả nước mưa và nước sản xuất quy trình sạch ; 6 - biên giới khu vực ; TBC : trạm bơm chính ; TXL : trạm xử lý nước thải ; XN : xí nghiệp công nghiệp.

Hình 15-3

1 - mạng lưới thoát nước sinh hoạt ; 2 - mạng lưới thoát nước mưa ; 3 - ống có áp ; 4 - cống xả nước đã làm sạch ; 5 - giếng tràn tách nước ; 6 - cống xả nước mưa ; 7 - biên giới khu vực ; 8 - trạm bơm chính ; 9 - trạm xử lý nước thải ; 10 - xí nghiệp công nghiệp.

15.2. THIẾT KẾ MẠNG LƯỚI THOÁT NƯỚC

15.2.1. Các số liệu cơ bản để thiết kế

- Bản đồ địa hình với các đặc điểm, các điều kiện tự nhiên, điều kiện xây dựng công trình.
- Các số liệu địa chất và địa chất thủy văn.
- Các số liệu khí tượng.
- Các số liệu thủy văn nguồn nước lân cận...
- Để xác định lưu lượng tính toán cần có các số liệu về dân số, các dữ liệu chi tiết về xí nghiệp công nghiệp.

Thoát nước được thiết kế tới khoảng thời gian mà hệ thống thoát nước phải có khả năng vận chuyển cần thiết và thoả mãn chức năng của mình mà không phải đổi mới hoặc cải tạo lại. Đối với khu dân cư giai đoạn tính toán thường là 20 - 25 năm; đối các xí nghiệp sản xuất nông, công nghiệp thường là khoảng thời gian xí nghiệp hoạt động cho tới khi đạt năng suất hoàn chỉnh.

15.2.2. Các sơ đồ mạng lưới thoát nước

Vạch tuyến mạng lưới hoặc chọn sơ đồ mạng lưới thoát nước là giai đoạn quan trọng nhất của việc thiết kế thoát nước, bởi vì nó quyết định toàn bộ giá thành thoát nước.

Trình tự vạch tuyến mạng lưới thoát nước như sau :

- Đầu tiên dựa vào các đường phân thủy chia đối tượng cần thoát nước

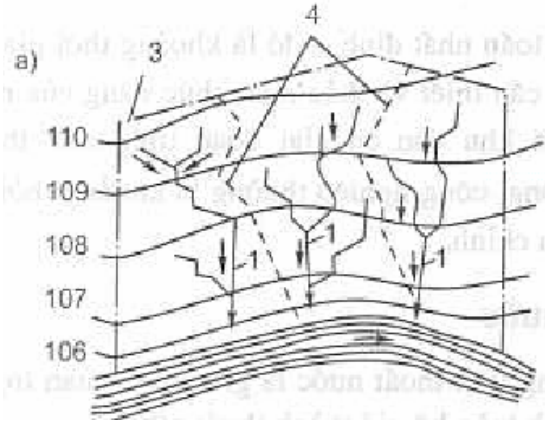
(khu dân cư, cơ sở sản xuất) thành các lưu vực thoát nước.

- Vạch các tuyến cống góp lưu vực theo những nơi địa hình thấp và tập hợp các cống góp lưu vực về cống góp chính theo hướng tới trạm xử lý.
- Cuối cùng theo đường ngắn nhất, vạch các mạng lưới cống đường phố về cống góp lưu vực.

Khi chọn sơ đồ mạng lưới thoát nước phải căn cứ vào địa hình, điều kiện đất đai, vị trí tương đối của các nguồn nước...

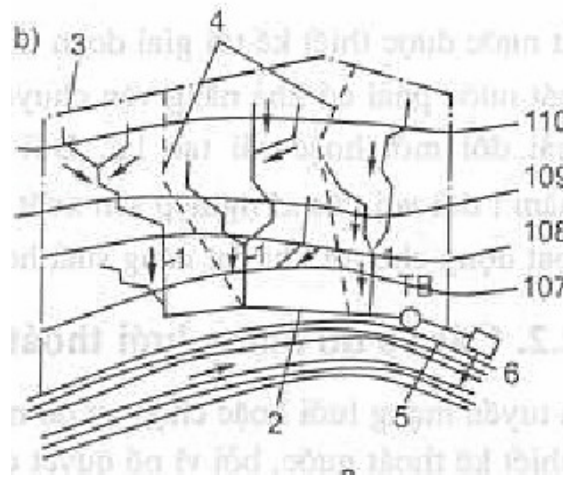
a) *Sơ đồ vuông góc*

các cống góp thoát nước lưu vực được vạch tuyến theo hướng vuông góc với hướng dòng chảy ở sông. Sơ đồ này chủ yếu được sử dụng đối với mạng lưới thoát nước mưa, xả thẳng nước mưa ra nguồn và không cần xử lý.



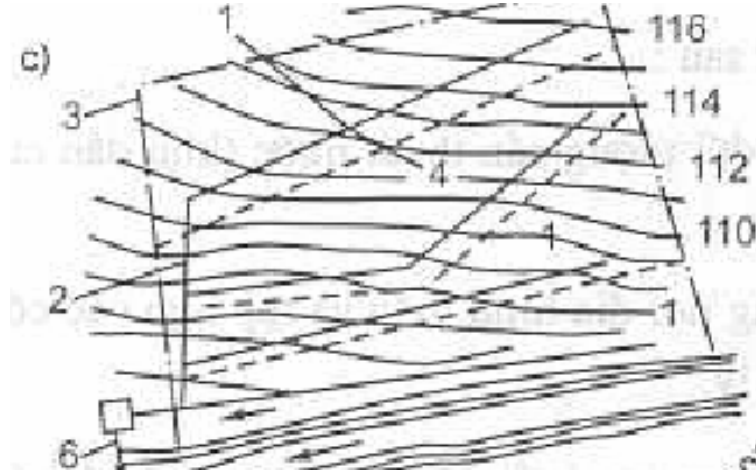
b) *Sơ đồ chéo nhau*

Các cống góp thoát nước lưu vực được vạch tuyến theo hướng vuông góc với hướng dòng chảy của sông và tập trung về cống góp chính. Cống góp chính lại song song với sông người ta phải sử dụng sơ đồ này khi địa hình dốc thoải dần về phía sông và cần phải xử lý nước thải.



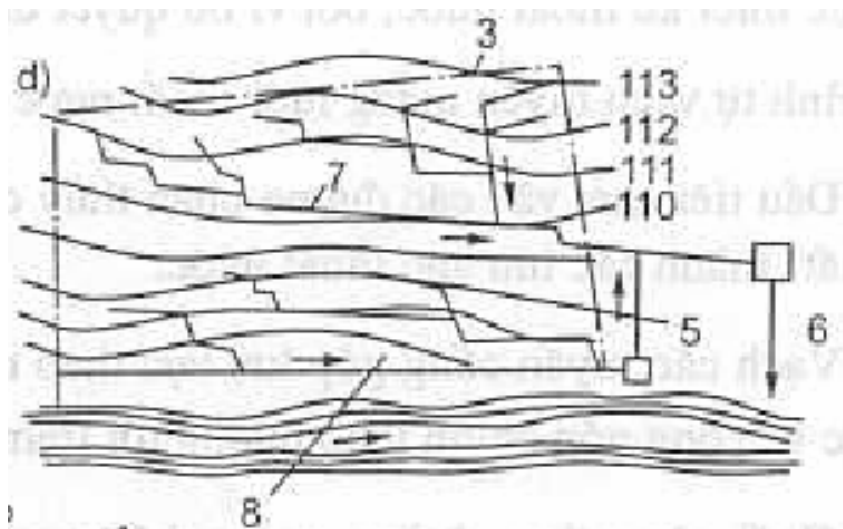
c) *Sơ đồ song song*: Các cống góp thoát nước lưu vực được vạch tuyến song song hoặc tạo một góc nhỏ với hướng dòng chảy ở sông và tập trung nước về cống góp chính, vận chuyển nước thải về trạm xử lý. Cống góp chính vuông

góc với hướng dòng chảy của sông: Sơ đồ này được áp dụng khi địa hình có độ dốc lớn, về phía sông vì nó cho phép khắc phục tốc độ dòng chảy trong cống quá lớn gây phá huỷ cống ...



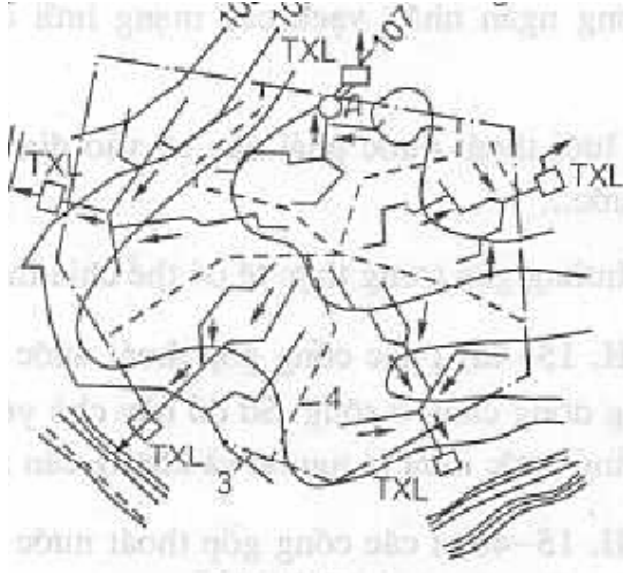
d) Sơ đồ phân vùng:

Phạm vi thoát nước được chia thành hai vùng: vùng trên và vùng dưới. Nước thải vùng trên được dẫn tự chảy; nước thải vùng dưới nhờ trạm bơm chuyển bậc lên trạm xử lý. Ở mỗi vùng có sơ đồ riêng tương tự như sơ đồ chéo nhau. Sơ đồ phân vùng được áp dụng khi địa hình có độ dốc rất lớn hoặc dốc không đều tới dòng sông hoặc không thể thoát nước cho toàn vùng bằng tự chảy.



e) Sơ đồ ly tâm:

ở sơ đồ này nước thải được xử lý ở hai hoặc một số trạm độc lập phân tán ở ngoại vi đô thị. Sơ đồ này được áp dụng ở những nơi địa hình phức tạp và thành phố lớn. Việc vạch tuyến, chọn sơ đồ mạng lưới thoát nước là giai đoạn quan trọng nhất của việc thiết kế thoát nước, bởi vì nó quyết định toàn bộ giá thành thoát nước.



15.2.3. Xác định lưu lượng tính toán

- Mạng lưới thoát nước được tính toán theo lưu lượng giây lớn nhất - gọi là lưu lượng tính toán của nước thải.
- Tiêu chuẩn nước thải là lượng nước thải tạo ra do một người sử dụng hệ thống thoát nước hoặc tạo ra trên một đơn vị sản phẩm sản xuất ra của xí nghiệp công nghiệp. Tiêu chuẩn nước thải có thể lấy bằng tiêu chuẩn cấp nước.
- Lượng nước thải chảy vào mạng lưới thoát nước thường không điều hoà theo các ngày trong tuần hoặc theo các giờ trong ngày.

Để xác định lưu lượng tính toán, ngoài các hệ số không điều hoà ngày (K_{ngd}) và giờ (K_h), còn phải dùng khái niệm hệ số không điều hoà chung (K_{ch}):

$$K_{ch} = K_{ngd} K_h = \frac{Q_{max.h}}{Q_{tb.h}} \quad (15-1)$$

Trong đó :

$Q_{max.h}$ - Lưu lượng giờ lớn nhất trong ngày thải nước lớn nhất ;

$Q_{TB.h}$ - Lưu lượng giờ trung bình trong ngày thải nước trung bình.

Khi tính toán mạng lưới thoát nước, để xác định lưu lượng người ta thường dùng khái niệm mô đun dòng chảy hay lưu lượng đơn vị và xác định theo công thức:

$$q_0 = \frac{qp}{86400} \quad (\text{l/s.ha}) \quad (15-2)$$

Trong đó :

p - mật độ dân số (người/ha) ;

q - tiêu chuẩn thải nước trung bình trên đầu người (l/ng.ngđ) ;

Lưu lượng tính toán bằng :

$$Q_{max.s} = q_0 \cdot F \cdot K_{ch} \quad (15-3)$$

Trong đó: F - diện tích các khu dân cư trong phạm vi thoát nước (ha).

15.2.4. Tính toán mạng lưới thoát nước bản

Mạng lưới thoát nước bản sinh hoạt được tính toán với một phần độ đầy ống nhằm:

- Tạo điều kiện tốt để vận chuyển các chất bản lơ lửng không tan.
- Đảm bảo thông hơi để loại các chất khí độc hại tách ra từ nước thải.
- Tạo một phần tiết diện dự phòng để vận chuyển lưu lượng vượt quá giá trị tính toán.

Độ đầy ống được đặc trưng bởi tỷ lệ giữa chiều cao lớp nước H và đường kính d hay chiều cao toàn phần của ống - cống (H/d)

Để tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước sử dụng các công thức tương tự như đối với tính toán mạng lưới cấp nước.

$$Q = \omega \cdot v \quad ; \quad v = C\sqrt{RJ}$$

$$J = \frac{\lambda}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (15-4)$$

15.2.5. Tính toán mạng lưới thoát nước mưa

Lưu lượng dùng để tính toán mạng lưới thoát nước mưa:

$$Q_u = q F \Psi$$

Trong đó: q - Cường độ mưa (l/s. ha)

F - Diện tích lưu vực thoát nước mưa (ha)

Ψ - Hệ số dòng chảy.

a) *Đặc điểm của dòng chảy nước mưa :*

Ở thời điểm ban đầu của trận mưa lưu lượng chảy vào mạng lưới nhỏ hơn lưu lượng tính toán ($Q_c < Q_u$). Hiện tượng này gọi là sự chậm chễ của dòng chảy nước mưa.

Tỷ số giữa lưu lượng chảy vào mạng lưới ở thời điểm đầu (Q_c) với lưu lượng tính toán (Q_u) là hệ số chậm của dòng chảy .

Hệ số chậm của dòng chảy < 1 khi xuất hiện những trận mưa to với thời gian mưa ngắn.

Hệ số chậm của dòng chảy = 1 khi xuất hiện các trận mưa kéo dài, cường độ mưa ổn định.

b) *Phương pháp thời gian mưa tính toán*

Thời gian mưa tính toán là thời gian tập trung nước mưa từ điểm xa nhất tới diện tích tính toán:

$$t_u = t_m + t_r + t_o$$

Trong đó :

t_m - Thời gian tập trung nước mưa trên bề mặt từ điểm xa nhất đến rãnh, phụ thuộc kích thước địa hình của lưu vực, cường độ mưa và loại mặt phủ ;

t_r - Thời gian nước chảy trong rãnh ;

t_o - Thời gian nước chảy trong ống đến tiết diện tính toán.

Xác định lưu lượng tính toán nước mưa căn cứ vào thời gian tập trung nước mưa được gọi là phương pháp cường độ giới hạn.

c) *Cường độ mưa:*

Được xác định theo công thức:

$$q = \frac{20^n q_{20} (1 + C \lg P)}{t^n} \quad (15 - 8)$$

Trong đó:

n, c - Những đại lượng phụ thuộc đặc điểm khí hậu từng vùng ;

q_{20} - Cường độ mưa trong khoảng thời gian 20 phút. với chu kỳ lặp lại một lần trong năm (đây là đại lượng không đổi đối với từng vùng đã biết);

P - Chu kỳ lặp lại trận mưa tính toán chính bằng khoảng thời gian xuất hiện một trận mưa vượt quá cường độ tính toán (năm) ;

t - Thời gian mưa tính toán (phút) được xác định theo công thức (15 - 7).

d) Hệ số dòng chảy

Tỷ số giữa lượng nước chảy vào mạng lưới thoát nước mưa so với lượng nước mưa rơi xuống gọi là hệ số dòng chảy (Ψ)

$$\psi = \frac{q_c}{q_r} \quad (15 - 9)$$

Trong đó : q_r , q_c - Lượng nước mưa rơi trên diện tích 1 ha và lượng nước mưa chảy vào mạng lưới thoát nước mưa từ 1 ha ấy.

Hệ số dòng chảy phụ thuộc vào tính chất, độ dốc bề mặt phủ, cường độ mưa, thời gian mưa.

e) Hệ số mưa không đều

Hệ số mưa không đều (η) hay còn gọi là hệ số phân bố mưa được xác định theo công thức :

$$\eta = \frac{Q_{tb}}{Q_{max}} \quad (15 - 10)$$

ở đây: q_{TB} - Cường độ mưa trung bình trên toàn diện tích thoát nước mưa

q_{max} - Cường độ mưa lớn nhất tại một điểm nào đó thuộc diện tích thoát nước mưa.

Hệ số mưa không đều (η) phụ thuộc vào diện tích lưu vực thoát nước mưa và thời gian mưa được lấy theo bảng tính sẵn.

Khi xác định lưu lượng tính toán nước mưa trên một lưu vực lớn với diện tích lớn hơn 300 ha thì phải kể đến hệ số mưa không đều

$$Q_u = q \cdot F \cdot \Psi \cdot \eta \quad (15 - 11)$$

15.2.6. Đặc điểm cấu tạo và thiết kế mạng lưới thoát nước chung

Là mạng lưới thu và vận chuyển cả 3 loại nước thải. (nước thải sản xuất, sinh hoạt và nước mưa trong cùng một mạng lưới).

Về mùa mưa, khi có trận mưa lớn, nước mưa pha loãng các loại nước thải đến nồng độ cho phép thì một phần hỗn hợp nước mưa và nước thải được xả thẳng vào nguồn qua giếng tràn mà không cần qua trạm xử lý nước thải. Lưu lượng nước mưa không xả vào nguồn được xác định theo hệ số pha loãng (n_o):

$$n_o = \frac{Q_m}{Q_{kh}} \quad (15 - 12)$$

Trong đó:

Q_m - Lưu lượng nước mưa không xả vào nguồn ;

Q_{kh} - Lưu lượng nước mưa thải trong mùa khô chảy vào mạng lưới thoát nước chung trước giếng tràn.

Hệ số pha loãng n_o phụ thuộc vào khả năng tự làm sạch của nguồn nước, chế độ thủy văn, đặc điểm sử dụng nước phía dưới miệng xả của giếng tràn và các điều kiện cụ thể khác của địa phương.

- Lưu lượng tính toán đối với đoạn cống bất kỳ bố trí trước giếng tràn được xác định theo công thức:

$$Q_{tt} = Q_{kh} + Q_m \quad (15 - 13)$$

- Lưu lượng tính toán của đoạn cống bố trí sau giếng tràn được xác định theo công thức:

$$Q_{tt} = Q_{kh} + n_o Q_{kh} + q_m \quad (15 - 14)$$

Trong đó:

$n_o Q_{kh}$ - Lưu lượng nước mưa ngang qua ống tràn (không xả vào nguồn) ;

Q_{kh} - Lưu lượng nước thải trong mùa khô chảy vào mạng lưới từ điểm đầu trên đến đoạn tính toán;

Q_m - Lưu lượng nước mưa chảy vào mạng lưới;

q_m - Lưu lượng nước mưa chảy vào đoạn ống tính toán từ sau giếng tràn.

15.2.7. Hồ điều hoà nước mưa

Hồ điều hoà nước mưa được bố trí trên mạng lưới thoát nước mưa hay mạng lưới thoát chung nhằm mục đích giảm kích thước các tuyến cống cũng như các công trình bố trí phía sau.

Dung tích công tác (phần thể tích tham gia điều hoà nước mưa) của hồ được xác định theo công thức sau:

$$W = K \cdot Q_{tt} \cdot t_{tt} \quad (15 - 15)$$

Trong đó:

K - Hệ số phụ thuộc vào mức độ điều hoà của hồ và hệ số n trong công thức xác định cường độ mưa (tra bảng) ;

Q_{tt} - Lưu lượng mưa tính toán hoặc hỗn hợp nước thải với nước mưa ở vị trí nối với hồ ;

t_{tt} - Thời gian mưa tính toán của toàn bộ lưu vực đến điểm xả vào hồ.

Lưu lượng tính toán cho đoạn cống sau hồ điều hoà:

$$Q = \alpha Q_{tt} + Q_l + Q_x \quad (15 - 16)$$

αQ_{tt} - Lưu lượng không được xả vào hồ ;

Q_l - Lưu lượng tính toán nước mưa của lưu vực chảy vào đoạn cống sau hồ;

Q_x - Lưu lượng trung bình xả nước ra khỏi hồ sau khi mưa tạnh.

15.2.8. Cấu trúc mạng lưới thoát nước

Cấu trúc mạng lưới thoát nước được thiết kế sao cho thoả mãn và đảm bảo các điều kiện thuỷ lực tối ưu trong cống. Các quy tắc cơ bản để cấu trúc mạng lưới thoát nước là :

- Các tuyến cống thoát nước phải đặt theo đường thẳng. Phải đặt các giếng tham ở các điểm ngoặt của mạng lưới, ở nơi thay đổi độ dốc và đường kính, ở các điểm nối một số tuyến.
- Vận tốc tính toán ở các nhánh bên phải nhỏ hơn so với vận tốc ở các cống góp chính.
- Các điểm ngặt và các điểm đầu nối giữa tuyến đến và tuyến đi theo hướng dòng chảy phải tạo một góc bằng và lớn hơn 90^0 .

15.4. TRẠM BƠM THOÁT NƯỚC

15.4.1. Trạm bơm nước thải

Trạm bơm chính để bơm nước thải sinh hoạt và nước thải sản xuất ra trạm xử lý người ta dùng.

Trạm bơm cục bộ để bơm vận chuyển nước thải nhằm giảm độ sâu đặt cống thoát nước.

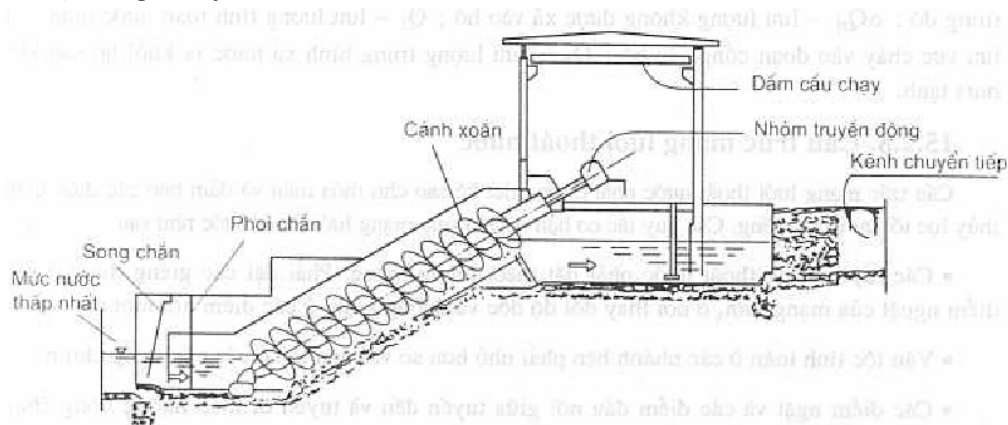
Trạm bơm nước mưa để bơm nước mưa từ cống thoát nước ra sông hồ chứa có mức nước cao hơn.

Thông thường được đặt ở các vị trí có địa hình thấp và xét đến các yếu tố vệ sinh, quy hoạch, địa chất thủy văn, cấp điện và khả năng cho phép xả sự cố.

Trạm bơm cách khu vực nhà ở hoặc xí nghiệp thực phẩm > 20m khi lưu lượng trạm tới $50.000\text{m}^3/\text{ngt}$, > 30m khi lưu lượng trạm lớn hơn $50.000\text{m}^3/\text{ngt}$. Quanh trạm bơm phải có dải cây xanh bảo vệ với chiều rộng ít nhất 10m.

Hình dạng, kết cấu trạm bơm tùy thuộc quy mô công suất và điều kiện địa chất thủy văn... của khu vực. Trạm bơm phải làm việc liên tục và không bị tắc cặn trong bơm.

Đối với các loại bơm nhỏ không lắp đặt song chắn rác cần sử dụng bơm "không tắc" như bơm có bánh công tác bán mở, bánh công tác kiểu kênh, bơm hiệu ứng xoáy...



Hình 15-5

Ưu điểm của loại máy này là tự môi, phù hợp với yêu cầu dòng nước 3 - 5m, đơn giản về cơ khí và xây dựng, không nhất thiết phải đặt song chắn rác trước đó. Tuy nhiên có một nhược điểm là không thể bơm và tạo cột áp trong ống dẫn.

15.4.2. Xác định lưu lượng của trạm bơm và dung tích bể chứa

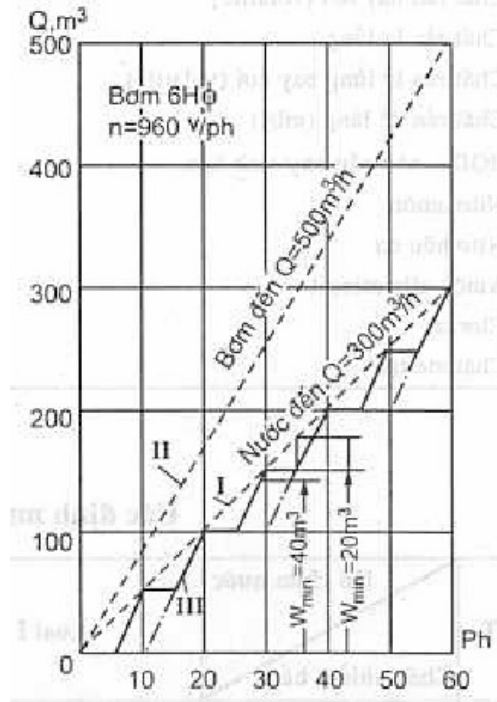
- Xác định lưu lượng nước thải cần bơm đi tức là lưu lượng trạm bơm có tính tới sự biến đổi lưu lượng của nước chảy đến.

- Xác định chiều cao cần dâng nước thải kể cả tổn thất thủy lực trong ống hút, ống đẩy và qua các chi tiết

- Trên cơ sở các số liệu trên, chọn loại máy bơm, số máy bơm cần thiết và công suất động cơ.

Nước chảy đến trạm bơm thường với lưu lượng biến động. Máy bơm thường hoạt động với lưu lượng ổn định. Do đó phải có bể chứa điều hoà lưu lượng. Vì nước thải chứa nhiều chất bẩn nên bể chứa điều hoà không được quá lớn để tránh tình trạng lắng cặn và thổi rửa. Muốn vậy phải chọn chế độ hoạt động của các tổ máy bơm để bơm nước đi với lưu lượng sao cho gần với biểu đồ lưu lượng nước đến (Hình 15 - 6).

Để xác định lưu lượng của trạm bơm cần phải biết lưu lượng nước thải chảy đến theo các giờ trong ngày đêm. Do có sự dao động đáng kể về lưu lượng nước thải theo thời gian, công suất thiết kế của trạm bơm được xác định



Hình 15-6

trên cơ sở lưu lượng giờ lớn nhất của nước thải và thường bằng $1,3 \div 1,8$ lưu lượng giờ trung bình trong ngày thải nước lớn nhất.

Để thích ứng với sự dao động lưu lượng trong trạm bơm cần lắp đặt $2 \div 3$ tổ máy bơm. Số lượng tổ máy bơm có thể tăng dần cùng với sự phát triển đô thị và hệ thống thoát nước. Cũng có thể lắp đặt tổ máy bơm có bộ phận điều chỉnh số vòng quay để phù hợp với nhu cầu vận hành, nhất là đối với giai đoạn đầu của dự án khi nhu cầu còn nhỏ.

Đối với trạm bơm nước thải nên trang bị hệ thống tự động điều khiển sự hoạt động của trạm bơm nhằm nâng cao hiệu quả vận hành và tiết kiệm năng lượng tiêu thụ.

Hình 15-6 là biểu đồ xác định dung tích bể chứa ở trạm bơm theo biểu đồ nước đến ở giờ có lưu lượng lớn nhất là $Q_o = 500 m^3/h$, một tổ máy bơm hoạt động liên tục và bơm hết nước (đường II). Khi nước đến với lưu lượng $Q_{min} = 300 m^3/h$ (đường I) cũng trong khoảng thời gian một giờ thì cho một

tổ máy bơm hoạt động cùng với lưu lượng ổn định như ở giờ max (đường III song song với đường II) nhưng gián đoạn.

- Khi gián đoạn - đóng mở ba lần thì dung tích bể chứa ít nhất phải là

$$W_{min} = 40m^3$$

- Khi sáu lần đóng mở thì dung tích bể chứa ít nhất chỉ là

$$W_{min} = 20m^3$$

Mức nước tính toán trong bể chứa phải thấp hơn đáy cống dẫn nước thải chảy vào bể để tránh hiện tượng chảy ngập và lắng cặn ở cống vào.

15.5. XỬ LÝ NƯỚC THẢI

15.5.1. Những vấn đề chung về xử lý nước thải

a) Thành phần và tính chất nước thải

Nước thải là tổ hợp phức tạp các thành phần vật chất. Trong đó vật chất nhiễm bẩn thuộc nguồn gốc vô cơ và hữu cơ thường tồn tại dưới dạng không hoà tan, keo và hoà tan.

Mức độ nhiễm bẩn nước thải:

- Lượng ôxy cần thiết để ôxy hoá vật chất hữu cơ dưới tác động của vi sinh vật hiếu khí. Lượng ôxy hoá đó gọi là nhu cầu ôxy cho quá trình sinh hoá (BOD), nhu cầu ôxy cho quá trình hoá học (COD).
- Chuẩn độ Coli (thể tích nước nhỏ nhất tính bằng ml có chứa trực khuẩn hình đũa).

Thành phần và nồng độ nhiễm bẩn phụ thuộc nhiều vào tiêu chuẩn thoát nước, tính chất hoạt động của đô thị mà các chất nhiễm bẩn có ở trong nước thải thay đổi theo thời gian. Các chỉ tiêu trong nước thải (Bảng 15-1).

b) Mức độ chứa nước thải và nguyên tắc xả nước thải vào nguồn nước

Nguồn nước có thể coi là công trình làm sạch sinh hoá tự nhiên nên cũng cần lợi dụng khai thác, tuy nhiên nó cũng chỉ có thể tải được một lượng nước thải với nồng độ nhiễm bẩn nào đó mà thôi. Để đảm bảo vệ sinh môi trường và khai thác đúng tài nguyên của nguồn nước người ta đưa ra qui chế bảo vệ nguồn nước, trong đó đề ra 3 loại :

- Nguồn nước dùng để cung cấp nước sinh hoạt cho thành phố và sản xuất công nghiệp thực phẩm.
- Nguồn nước dùng để cung cấp nước cho xí nghiệp công nghiệp, dùng để nuôi cá, nghỉ ngơi, tắm giặt.

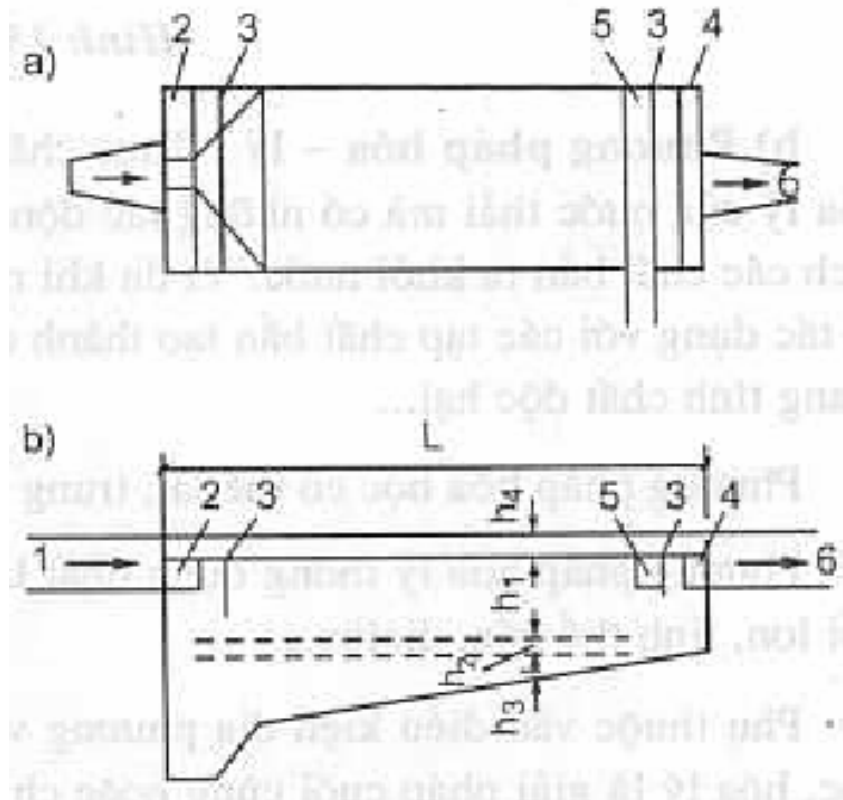
1- Phương pháp cơ học: Là nhằm tách các chất không hoà tan và một phần các chất ở dạng keo ra khỏi nước thải.

Song chắn rác để chắn giữ các cặn bản có kích thước lớn như : giấy, rau củ, rác, củi ... thường được đặt trước ngăn chứa nước (bể thu nhận) của trạm bơm thoát nước, trên các mương máng dẫn tới các công trình làm sạch. Khe hở giữa các song chắn rác thường lấy khoảng 16mm. Song chắn thường đặt nghiêng một góc 60-70°, tốc độ nước chảy qua song chắn $>0,8\text{m/s}$.

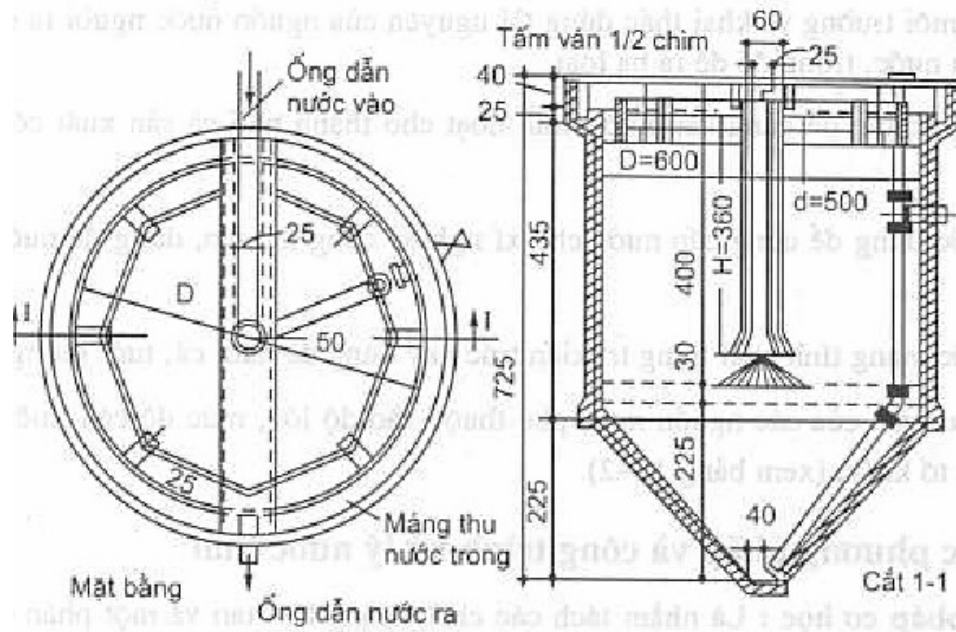
Bể lắng cát để tách các chất bản vô cơ có trọng lượng riêng lớn hơn trọng lượng riêng của nước như cát, xỉ than, xương, hạt, quả... ra khỏi nước thải. Theo đặc điểm chuyển động của dòng nước bể lắng cát được phân ra : bể lắng cát ngang, bể lắng cát đứng.

Bể lắng để tách các chất lơ lửng (bùn, rác vụn, xác sinh vật...) có trọng lượng riêng lớn hơn trọng lượng riêng của nước thải.

Theo đặc điểm chuyển động của nước thải người ta phân biệt : bể lắng ngang (hình 15-7) bể lắng đứng (hình 15-8) và bể lắng ly tâm.



Hình 15-7. Sơ đồ bể lắng ngang



Hình 15-8. Sơ đồ bể lắng đứng

2- Phương pháp hoá - lý

Thực chất là lợi dụng vào tính chất hoá lý của nước thải mà có những tác động vật lý và hoá học nhằm tăng cường các quá trình tách các chất bẩn ra khỏi nước. Ví dụ khi người ta đưa vào nước thải chất phản ứng nào đó, nó sẽ tác dụng với các tạp chất bẩn tạo thành các tạp chất khác dưới dạng cặn hoặc hoà tan không mang tính chất độc hại...

Phương pháp hoá học có thể là: trung hoà, ôxy hoá, ôzôn hoá, điện hoá học.

Phương pháp hoá lý thông dụng nhất là: keo tụ, hấp thụ, trích ly, bay hơi, tuyển nổi, trao đổi ion, tinh thể hoá, dializ...

Phụ thuộc vào điều kiện địa phương và yêu cầu vệ sinh... mà phương pháp hoá học, hoá lý là giải pháp cuối cùng hoặc chỉ là giai đoạn làm sạch sơ bộ cho các giai đoạn tiếp theo, thường được áp dụng cho nước thải công nghiệp.

3- Phương pháp sinh học :

Là phương pháp dựa vào sự sống và hoạt động của các vi sinh vật để ôxy hoá và khoáng hoá các chất hữu cơ ở dạng keo và hoà tan có ở trong nước thải.

Phân làm hai nhóm: Các công trình trong đó quá trình làm sạch thực hiện trong điều kiện tự nhiên; các công trình làm sạch trong điều kiện nhân tạo.

Các công trình làm sạch trong điều kiện tự nhiên bao gồm: Cánh đồng tưới, bãi lọc và hồ sinh học.

Bãi lọc là một khu đất rộng chia làm nhiều ô, nước thoát từ các bể lắng chảy ra, phân phối lên đó và thấm qua đất.

Quá trình làm sạch diễn ra ở lớp đất phía trên, cách mặt đất khoảng 30cm, lớp đất này giữ lại các hạt chất bẩn, nhờ có oxy và vi khuẩn hiếu khí mà các hạt chất bẩn đó được ôxy hoá và nước được làm sạch.

Cánh đồng tưới về nguyên tắc quá trình làm sạch của cánh đồng tưới cũng như cánh đồng lọc, nhưng khác ở chỗ ngoài nhiệm vụ làm sạch nước thải người ta còn sử dụng độ ẩm và chất phân bón cho cây trồng.

Hồ sinh học là hồ chứa nước không sâu lắm dùng để làm sạch sinh học chủ yếu dựa vào quá trình tự làm sạch của hồ.

Sử dụng thích hợp ở những nơi khí hậu nhiệt độ cao. Nó cũng có thể sử dụng phối hợp với các công trình làm sạch khác để làm sạch triệt để nước thải.

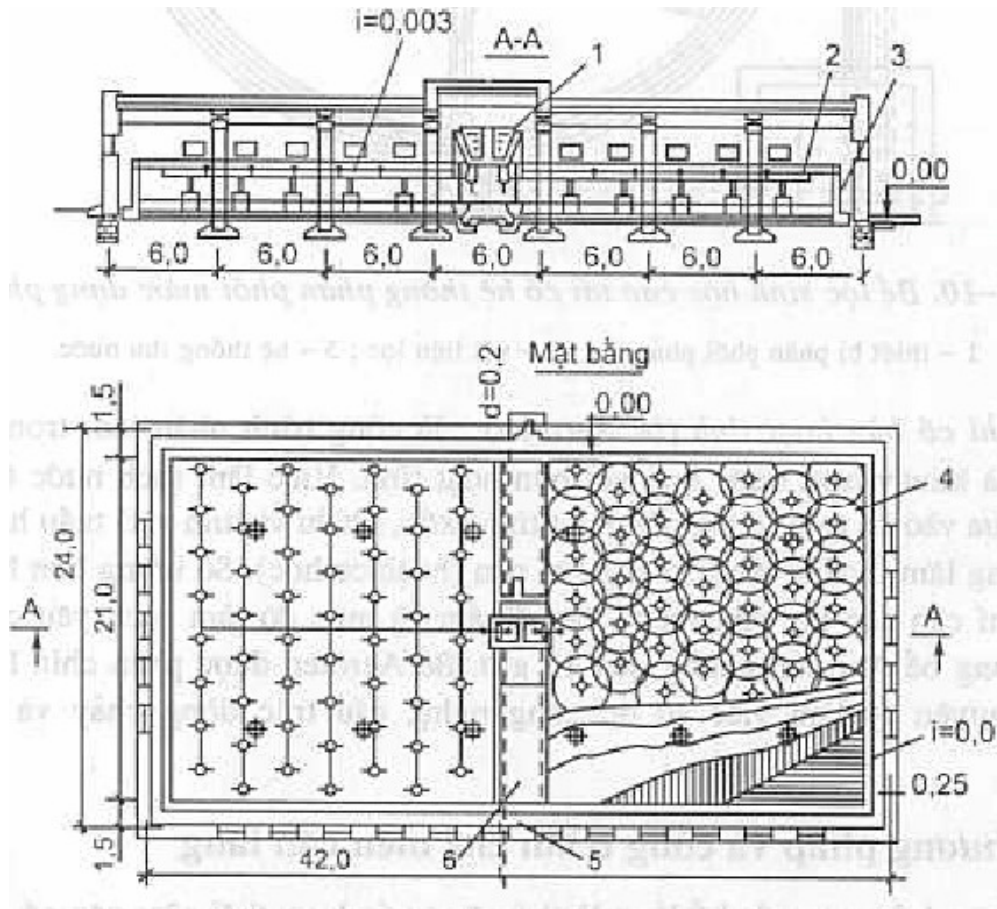
Căn cứ theo đặc tính tồn tại và tuần hoàn của các vi sinh vật và cơ chế làm sạch mà người ta phân biệt ba loại hồ: hồ kỵ khí, hồ hiếu-kỵ khí và hồ hiếu khí.

Bể lọc sinh học (Bể Biophil) : là công trình nhân tạo trong đó nước thải được lọc qua lớp vật liệu rắn có bao bọc lớp màng vi sinh vật.

Bể lọc sinh học gồm các thành phần chính sau đây : phần chứa vật liệu lọc, hệ thống phân phối nước đảm bảo tưới đều nước trên toàn bộ bề mặt bể, hệ thống thu và dẫn nước sau khi lọc, hệ thống dẫn và phân phối khí cho bể lọc.

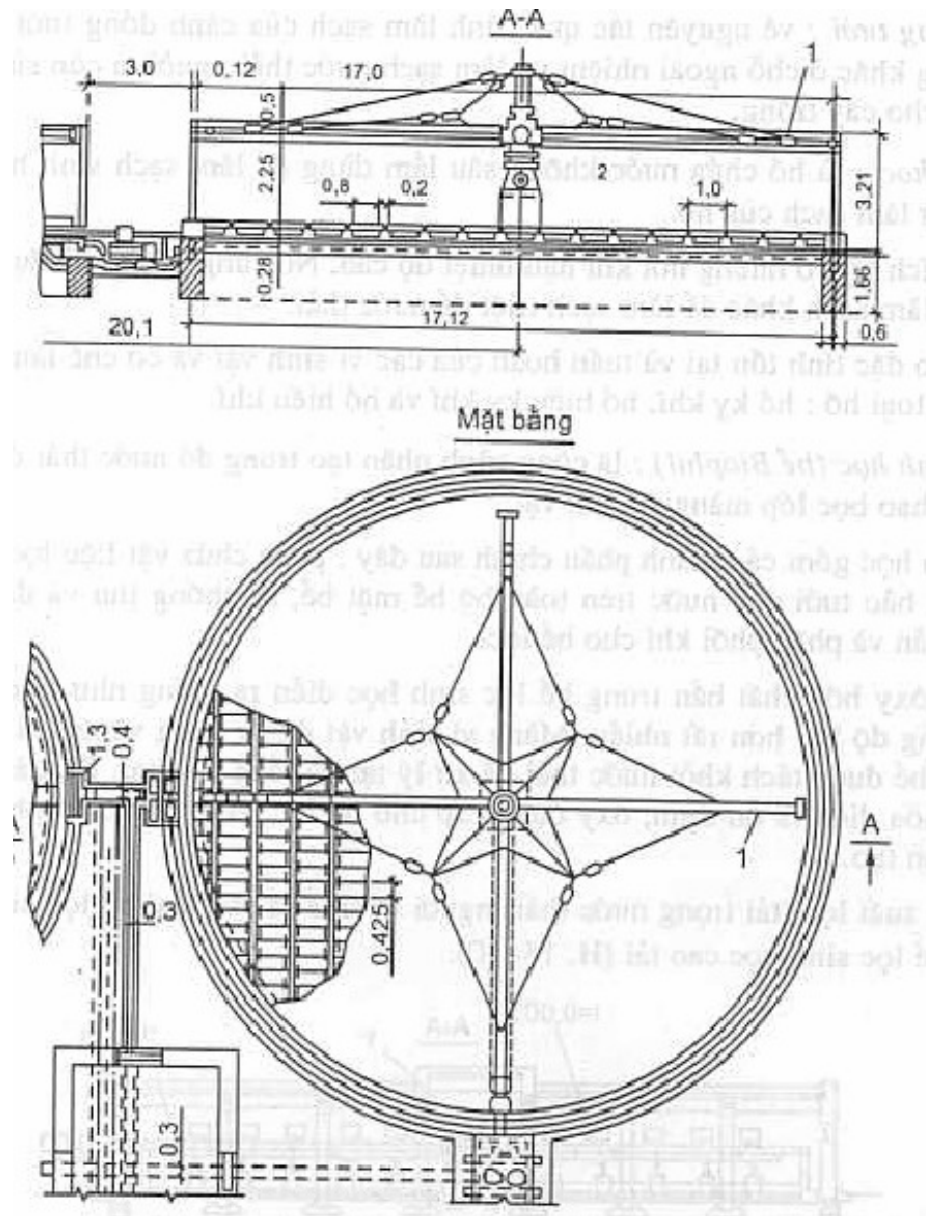
Quá trình ôxy hoá chất bẩn trong bể lọc sinh học diễn ra giống như trên cánh đồng lọc nhưng với cường độ lớn hơn rất nhiều nhờ biện pháp thông gió tự nhiên hoặc nhân tạo. Màng vi sinh vật đã sử dụng và xác sinh vật chết theo nước trôi khỏi bể được tách khỏi nước thải đã xử lý tại bể lắng đợt hai.

Theo năng suất lọc (tải trọng nước thải) người ta chia ra các loại bể lọc sinh học nhỏ giọt (hình 15-9) và bể lọc sinh học cao tải (hình 15-10)



Hình 15-9. bể lọc sinh học nhỏ giọt

Bể thổi khí có bùn hoạt tính (Bể Aeroten) là công trình nhân tạo, trong đó người ta cung cấp oxy và khuấy trộn nước thải với bùn hoạt tính. Việc làm sạch nước thải được thực hiện nhờ việc đưa vào bể một lượng bùn hoạt tính (xốp, nhiều vi sinh vật) tuần hoàn từ bể lắng lần II và hệ thống làm thoáng bằng không khí nén (hoặc cơ học). Thời gian nước lưu lại trong bể Aeroten không quá 12 giờ.



Hình 15-10. bể lọc sinh học cao tải

15.5.3. Phương pháp và công trình chế biến cặn lắng

Cặn lắng đọng lại trong các bể lắng là thứ cặn tươi chưa thối rửa, nên có mùi khó chịu, hôi thối và có nhiều vi trùng gây bệnh. Cặn lắng tươi không thích hợp cho việc vận chuyển và sử dụng làm phân bón, do đó cần chế biến. Phương pháp chế biến thường dùng là làm lên men cặn lắng nhờ sự hoạt động của các vi sinh vật. Việc chế biến cặn thường được thực hiện trong các công trình đặc biệt như: bể tự hoại, bể lắng hai vỏ, bể mêtan...

Cặn lắng sau khi đã lên men, thối rửa thường có màu đen, hoặc nâu sẫm và chứa nhiều các chất N, P, K rất thích hợp cho cây trồng. Tuy nhiên vì độ ẩm của nó còn cao ($90 \div 97\%$), nên người ta phải; làm khô cặn cho độ ẩm giảm đi $2 \div 3$ lần trước khi chuyên chở đi sử dụng. Việc làm khô cặn lắng được thực hiện trên các sân phơi bùn, bể lọc chân không, máy sấy khô bằng nhiệt,...

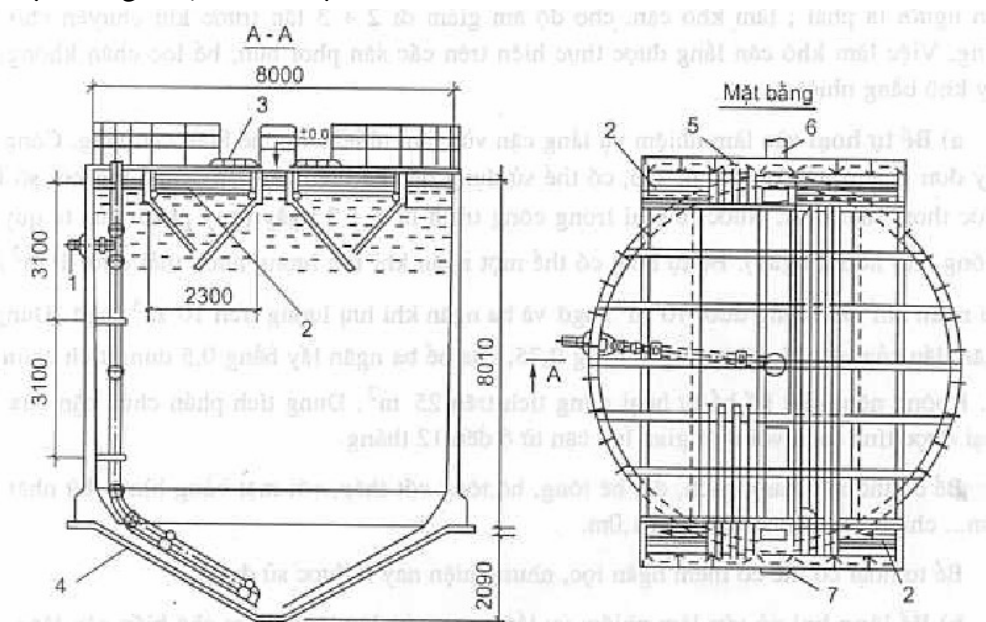
1- *Bể tự hoại* vừa làm nhiệm vụ lắng cặn vừa làm nhiệm vụ chế biến cặn lắng. Công trình này đơn giản, quản lý ít phức tạp, có thể sử dụng để chế biến cặn lắng ở những nơi số lượng nước thoát thải ra ít. Nước lưu lại trong công trình từ 1 ÷ 3 ngày (quy phạm của ta quy định không nhỏ hơn 2 ngày). Bể tự hoại có thể 1 ngăn khi lưu lượng nước thải dưới $1\text{m}^3/\text{ng}$, 2 ngăn khi lưu lượng dưới $10\text{m}^3/\text{ngày}$ đêm và 3 ngăn khi lưu lượng trên $10\text{m}^3/\text{ngày}$. Dung tích ngăn đầu của bể tự hoại 2 ngăn bằng 0,75 , của bể 3 ngăn lấy bằng 0,5 dung tích chung của bể. Không nên thiết kế bể tự hoại dung tích trên 25m^3 . Dung tích phân chứa cặn của bể tự hoại được tính toán với thời gian lưu cặn từ 6 đến 12 tháng.

Bể có thể xây bằng gạch, đá, bê tông, bê tông cốt thép, với mặt bằng hình chữ nhật, hình tròn... chiều sâu không nhỏ hơn 1,0m.

Bể tự hoại có thể có thêm ngăn lọc, nhưng hiện nay ít được sử dụng.

2- *Bể lắng hai vỏ*

vừa làm nhiệm vụ lắng cặn, vừa làm nhiệm vụ chế biến cặn lắng, đồng thời cặn cũng được nén chặt (hình 15-11).



Hình 15-11. Bể lắng hai vỏ đơn

- 1- Xả cặn ; 2- Tấm chắn chất nổi ; 3- Hành lang công tác ; 4- Đáy bê tông ;
5- Phai chắn ; 6,7- Máng thu và dẫn nước

Nước chảy chậm qua máng lắng theo nguyên tắc bể lắng ngang, dưới tác động của trọng lượng bản thân các hạt cặn rơi xuống đáy máng, chui qua khe hở $0,12 \div 0,15m$ xuống phần tự hoại. Chiều sâu của máng lắng lấy $1,2 \div 1,5m$, khoảng cách thành ngoài không nhỏ hơn $0,5m$ và tạo một diện tích thông tự do $>20\%$ tổng diện tích bề mặt bể. Chiều cao lớp nước trung hòa tính từ khe hở của máng lắng đến bề mặt lớp cặn trong phần tự hoại $0,5m$, góc nghiêng phần đáy hình nón không nhỏ hơn 30° .

Việc tháo cặn ra khỏi bể lắng hai vỏ giống như bể lắng đứng lần I. Ống dẫn bùn lấy $f > 200mm$, áp lực yêu cầu $1,5 \div 1,8m$ cột nước. Thời gian giữ cặn trong phần tự hoại khoảng $60 \div 180$ ngày.

Bể lắng hai vỏ có thể xây bằng gạch đá, bê tông, bê tông cốt thép, đổ tại chỗ hoặc bằng lắp ghép.

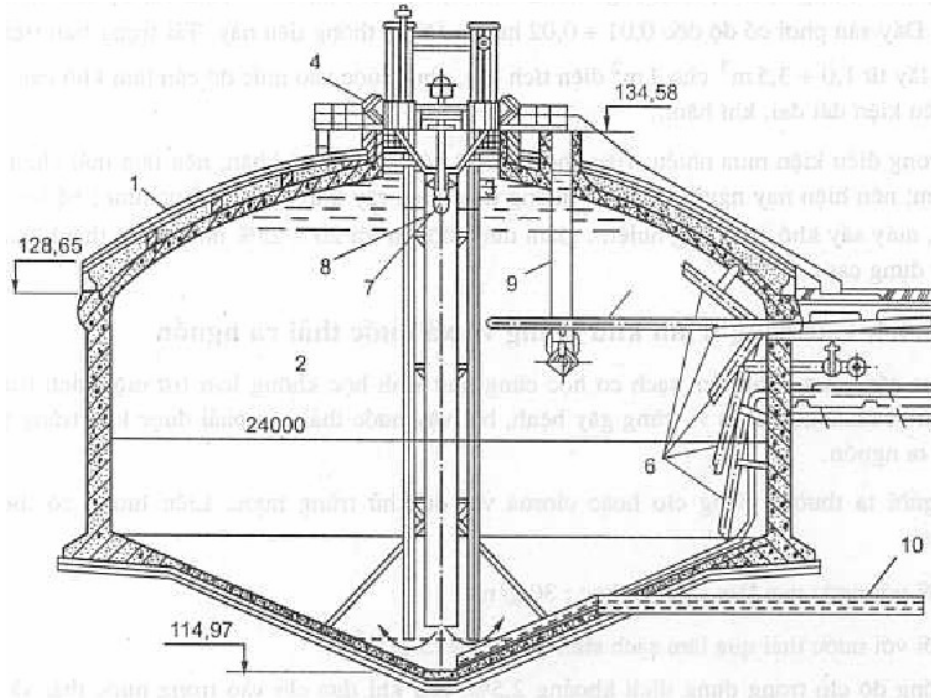
Bể lắng hai vỏ có thể một ngăn tự hoại với một hoặc hai máng lắng và hai ngăn tự hoại với một hoặc hai máng lắng (Bể lắng hai vỏ kép), bể một máng lắng áp dụng với đường kính bể nhỏ $5 \div 6 m$.

3- Bể mêtan

Bể mêtan thường có mặt bằng hình tròn hay hình chữ nhật, đáy hình tròn hay hình chóp đa giác và có nắp đậy kín, ở trên cùng là chóp mũ thu hơi khí (hình 15-12).

Cặn ở trong bể mêtan được khuấy đều nhờ các thiết bị : đối với bể có dung tích đến $1.000m^3$ - máy bơm cặn ; bể có dung tích $1.000 \square 4.000m^3$ - máy nâng thủy lực ; và đối với những bể lớn hơn $4.000m^3$ - khuấy chân vịt, và được hâm nóng bằng hơi nóng.

Bể mêtan thường được ủ kín xung quanh bằng đất, phần mái vòm có bố trí lớp cách ly khí và nhiệt, đặt xa các công trình trên trạm một khoảng không nhỏ hơn $40m$.



Hình 15-12. Cấu tạo bể mêtan

- 1- Nắp bể ; 2- Vùng bùn cặn ; 3- Vùng chứa khí ; 4- Van xả khí ; 5- ống dẫn bùn cặn tươi vào bể ; 6- Hệ thống xả bùn cặn chín khỏi bể ; 7- Thiết bị khuấy trộn ; 8- ống xáo trộn ; 9- Lỗ xả tràn ; 10- ống xả khô bể

Căn cứ vào nhiệt độ của quá trình lên men mà người ta phân biệt : quá trình lên men ấm ($10 \div 43^\circ$) và quá trình lên men nóng ($>43^\circ\text{C}$). Cường độ phân huỷ vật chất ở chế độ nóng cao hơn ở chế độ ấm khoảng 2 lần.

Để lên men đồng thời nén cặn, ở một số nước người ta dùng phương pháp chế biến cặn lãng theo hai bậc, nhiệm vụ chủ yếu của bậc hai là để nén cặn do quá trình suy giảm sự phân chia hơi khí và lớp cặn bể mêtan bậc hai thường là một bể chứa bằng đất lộ thiên có gia cố bê tông hay gạch đá xung quanh.

4- Sân phơi bùn và các biện pháp khác sấy khô cặn lãng

Sân phơi bùn để phơi khô cặn lãng từ các bể mêtan, bể lãng hai vỏ, giảm thể tích cặn lãng từ $96 \div 97\%$ xuống còn $75 \div 80\%$ để tiện cho việc vận chuyển sử dụng làm phân bón.

Sân phơi bùn là một khu đất tương đối lớn, chia ra làm nhiều ô, chiều rộng mỗi ô từ $10 \div 13\text{m}$ và rộng $0,7\text{m}$. Bùn chảy vào máng hoặc ống với độ

dốc 0,01 rồi vào các ô để phơi khô. Khi mực nước ngâm sâu và đất thấm tốt (cát, á cát...) thì bùn có thể phơi trực tiếp trên nền tự nhiên, khi đất cản nước (đất sét) thì bùn phơi trên nền nhân tạo, khi đó người ta đổ trên toàn bộ sân một lớp đá dăm, xỉ, cát có chiều dày khoảng $0,4 \div 0,5\text{m}$, ở dưới có hệ thống tiêu nước gồm các ống có khe, lỗ đường kính $< 75\text{mm}$, đặt cách nhau $4 \div 10\text{m}$ với độ dốc $0,0025 \div 0,003$. Đáy sân phơi có độ dốc $0,01 \div 0,02$ hướng tới hệ thống tiêu này. Tải trọng bùn trên sân có thể lấy từ $1,0 \div 3,5\text{m}^3$ cho 1m^2 diện tích sân, phụ thuộc vào mức độ cần làm khô cặn lắng, vào điều kiện đất đai, khí hậu...

Trong điều kiện mưa nhiều, việc phơi bùn sẽ gặp nhiều khó khăn, nếu làm mái che thì sẽ tốn kém, nên hiện nay người ta có xu hướng thực hiện sấy khô bằng cơ học như: bể lọc chân không, máy sấy khô cặn bằng nhiệt... giảm được độ ẩm tới $20 \div 25\%$ nhưng giá thành quản lý và xây dựng cao.

15.5.4. Các công trình khử trùng và xả nước thải ra nguồn

Người ta thường dùng clo hoặc clorua vôi để khử trùng nước. Liều lượng có thể lấy như sau:

- Đối với nước qua làm sạch cơ học $30\text{g}/\text{m}^3$
- Đối với nước thải qua làm sạch sinh học $10 \div 15\text{g}/\text{m}^3$

Nồng độ clo trong dung dịch khoảng $2,5\%$. Sau khi đưa clo vào trong nước thải và trộn kỹ, thời gian tiếp xúc giữa clo và nước không ít hơn 30 phút. Việc clorua hoá nước thải được thực hiện trong các bể tiếp xúc đặc biệt có dạng bể lắng ngang hoặc đứng.

Lượng clo còn lại trong nước thải sau khi tiếp xúc 30 phút không lớn hơn $0,2 \div 1\text{mg}/\text{l}$ để tránh lãng phí và làm cho nước không có mùi clo.

Nhiệm vụ chủ yếu của cửa xả nước là xáo trộn nước thải với nước hồ chứa. Vì vậy, tùy thuộc vào hình thù, chế độ nước nguồn mà thiết kế xây dựng cửa xả kiểu ngay bờ hoặc kiểu xa ở giữa dòng, xa ở nhiều điểm hay xa ở một điểm... Trong mọi trường hợp đều phải tính đến các yêu cầu về giao thông đường thủy, sự giao động của mực nước nguồn, ảnh hưởng của sóng, địa chất ở đáy hồ chứa... mà quyết định.

Khi xả nước trực tiếp ngay bờ thì về phương diện cấu tạo có đơn giản hơn, nhưng mức độ pha loãng kém hơn so với khi xả nước cách bờ một khoảng cách nào đó.

Tốc độ dòng chảy trong ống dẫn của cửa xả cố gắng sao cho càng lớn càng tốt (không nhỏ hơn 0,7m/s để tránh lắng đọng cặn). Các lỗ của họng xả cần đặt cách đáy một độ cao nhất định (0,5 ÷ 1m) để tránh sự xói lở đáy hồ hoặc tránh làm bịt kín các lỗ đó.