

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÔN ĐỨC THẮNG
KHOA MÔI KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH



MÔN HỌC

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

GIẢNG VIÊN: ThS. LÊ MINH LƯU

BỘ CỤC MÔN HỌC

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

CHƯƠNG 2: THỦY TÍNH HỌC

CHƯƠNG 3: CƠ SỞ ĐỘNG LỰC HỌC CỦA CHẤT LỎNG

CHƯƠNG 4: TỔN THẤT CỘT NƯỚC TRONG DÒNG CHẢY

CHƯƠNG 5: DÒNG CHẢY RA KHỎI LỖ VÀ VÒI-DÒNG TIA

A – DÒNG CHẢY RA KHỎI LỖ VÀ VÒI

B – DÒNG TIA

CHƯƠNG 6: DÒNG CHẢY ỔN ĐỊNH TRONG ỐNG CÓ ÁP

CHƯƠNG 7: DÒNG CHẢY ĐỀU KHÔNG ÁP TRONG KÊNH

CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

§1.1 – Định nghĩa môn học.

Thủy lực còn được gọi là Cơ học chất lỏng ứng dụng.

- *Thủy lực nghiên cứu*: Các quy luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng. Các biện pháp ứng dụng các quy luật đó vào thực tiễn

- *Thủy lực được chia thành hai nội dung lớn*: Thủy lực đại cương và thủy lực chuyên môn.

Quan hệ giữa các đơn vị:

- *Lực*: đo bằng Niuton, ký hiệu N và cũng được đo bằng kilogam lực, ký hiệu bằng kG ($1N = 1kg \cdot 1m/s^2 = 1m \cdot kg \cdot s^{-2}$; $1kG = 9,807N$; $1N = 0,102kG$).

- *Áp suất*: đo bằng Pascal (Pa); kg/cm² (atm); atm tuyệt đối; mmHg ($1Pa = 1N/m^2 = 1,02 \cdot 10^{-5}kG/cm^2$; atm tuyệt đối = 760 mmHg).

- *Khối lượng*: đo bằng kilogam khối lượng (kg); gam khối lượng (g); kGs²/m⁴ ($1kg = 10^3g = 0,102 kGs^2/m^4$).

CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

§1.1 – Định nghĩa môn học.

Thủy lực còn được gọi là Cơ học chất lỏng ứng dụng.

- *Thủy lực nghiên cứu*: Các quy luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng. Các biện pháp ứng dụng các quy luật đó vào thực tiễn

- *Thủy lực được chia thành hai nội dung lớn*: Thủy lực đại cương và thủy lực chuyên môn.

Quan hệ giữa các đơn vị:

- *Lực*: đo bằng Niuton, ký hiệu N và cũng được đo bằng kilogam lực, ký hiệu bằng kG ($1N = 1kg \cdot 1m/s^2 = 1m \cdot kg \cdot s^{-2}$; $1kG = 9,807N$; $1N = 0,102kG$).

- *Áp suất*: đo bằng Pascal (Pa); kg/cm² (atm); atm tuyệt đối; mmHg ($1Pa = 1N/m^2 = 1,02 \cdot 10^{-5}kG/cm^2$; atm tuyệt đối = 760 mmHg).

- *Khối lượng*: đo bằng kilogam khối lượng (kg); gam khối lượng (g); kGs²/m⁴ ($1kg = 10^3g = 0,102 kGs^2/m^4$).

§1.2 – Lịch sử phát triển.

§1.3 – Khái niệm chất lỏng trong thủy lực.

- (1) *Phần tử chất lỏng* được coi là vô cùng nhỏ, đồng chất, đẳng hướng và liên tục.
- (2) *Chất lỏng và chất khí* khác chất rắn ở chỗ môi liên kết giữa các phần tử rất yếu nên có tính di động dễ chảy hoặc nói cách khác *có tính chảy*.
- (3) *Chất lỏng khác chất khí* ở chỗ khoảng cách giữa các phần tử chất lỏng so với chất khí rất nhỏ nên sức dính phân tử rất lớn làm cho chất lỏng giữ được thể tích không thay đổi. Vì thế *chất lỏng là chất chảy không nén được* và *chất khí là chất chảy nén được*.
- (4) *Tại mặt tiếp xúc* giữa chất lỏng và chất khí, với chất rắn hoặc với chất lỏng khác: do lực hút đẩy các phần tử sinh ra sức căng mặt ngoài, nhờ có sức căng mặt ngoài một thể tích nhỏ của chất lỏng đặt ở trường trọng lực sẽ có dạng từng hạt. Vì vậy chất lỏng còn được gọi là *chất chảy dạng hạt*.

Trong thủy lực có thể coi những đặc trưng cơ bản của chất lỏng như vận tốc, mật độ, áp suất..v...v..là hàm số của không gian, thời gian và được coi là liên tục, khả vi.

§1.4 – Những tính chất vật lý cơ bản của chất lỏng.

(1). *Đặc tính thứ nhất của chất lỏng* là có khối lượng, biểu thị bằng khối lượng đơn vị (khối lượng riêng) ρ . Khối lượng đơn vị ρ bằng tỷ số khối lượng M với thể tích W ; tức là:

$$\rho = \frac{M}{W} \quad (1 - 1) \quad \text{Đơn vị của } \rho \text{ là kg/m}^3$$

- Đối với nước: lấy bằng khối lượng của đơn vị thể tích nước cất ở nhiệt độ $+4^{\circ}\text{C}$; $\rho = 1000\text{kg/m}^3$.

(2). *Đặc tính thứ hai của chất lỏng*: có trọng lượng; biểu thị bằng trọng lượng đơn vị hoặc trọng lượng riêng, bằng tích số của khối lượng đơn vị với gia tốc rơi tự do g ($g = 9,81\text{m/s}^2$):

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{M \cdot g}{W} \quad (1 - 2) \quad \text{Đơn vị của } \gamma \text{ là } \frac{N}{m^3}$$

Đối với nước ở nhiệt độ $+4^{\circ}\text{C}$ $\gamma = 9810 \frac{N}{m^3} = 1000 \frac{kG}{m^3}$

với thủy ngân $\gamma = 134000 \frac{N}{m^3} = 13600 \frac{kG}{m^3}$

(3). **Đặc tính thứ ba của chất lỏng** là tính thay đổi thể tích (biểu thị bằng β_w) khi thay đổi áp suất hoặc thay đổi nhiệt độ (biểu thị β_t).

khi áp suất thay đổi $\beta_w = -\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dp} \quad \text{m}^2/\text{N} \quad (1 - 3)$

Số đảo của hệ số co thể tích $K = \frac{1}{\beta_w} = -W \cdot \frac{dp}{dW} \quad \text{N/m}^2 \quad (1 - 4)$
 β_w gọi là mô-đun đàn hồi K:

khi nhiệt độ thay đổi $\beta_t = \frac{1}{W} \frac{dW}{dt} \quad 1/t^{\circ} \quad (1 - 5)$

(4). **Đặc tính thứ tư của chất lỏng** là có sức căng mặt ngoài. Do sức căng mặt ngoài mà giọt nước có dạng hình cầu.

Sức căng mặt ngoài đặc trưng bởi hệ số sức căng mặt ngoài σ , biểu thị sức kéo tính trên một đơn vị dài của đường tiếp xúc.

(5). **Đặc tính thứ năm của chất lỏng** là có tính nhớt, là nguyên nhân sinh ra tổn thất năng lượng khi chất lỏng chuyển động.

Định luật ma sát trong của Niuton viết dưới biểu thức:

$$F = \mu \cdot S \frac{du}{dn} \quad (1 - 6)$$

Trong đó: F - sức ma sát giữa hai lớp chất lỏng; S - diện tích tiếp xúc; u - vận tốc, $u = f(n)$ – quy luật phân bố vận tốc theo phương n; μ - hằng số tỷ lệ, phụ thuộc loại chất lỏng, được gọi là **hệ số nhớt hoặc hệ số động lực nhớt**.

Đơn vị đo hệ số nhớt μ trong hệ đo lường hợp pháp là $\frac{Ns}{m^2}$ hoặc $\frac{kg}{ms}$

đơn vị ứng với $\frac{1}{10} \frac{Ns}{m^2}$ gọi là poazơ (p).

Tính nhớt còn được đặc trưng bởi hệ số: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ (1 – 7)

ν gọi là **hệ số động học nhớt**. Đơn vị đo hệ số động học nhớt ν trong

hệ đo lường hợp pháp là $\frac{m^2}{s}$

$\frac{cm^2}{s}$

Bảng (1 – 1) hệ số nhớt của một vài chất lỏng

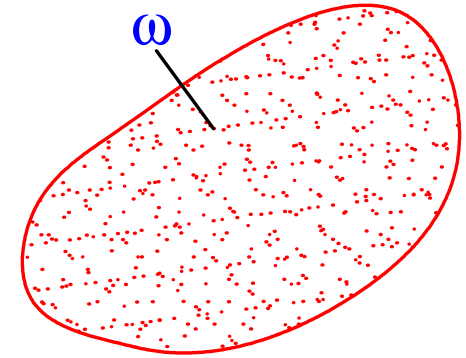
Bảng 1 – 2. Hệ số nhớt động học ν của nước, phụ thuộc nhiệt độ:

Tên chất lỏng	t ⁰ C (poa-zơ)	
Dầu xăng thường	18	0,0065
Nước	20	0,0101
Dầu hoả	18	0,0250
Dầu mỡ nhẹ	18	0,2500
Dầu mỡ nặng	18	0,4000
Dầu tuyền-bin	20	1,5280
Dầu nhờn	20	1,7200
Glixêrin	20	8,7000

t ⁰ C	ν , cm ² /s	t ⁰ C	ν , cm ² /s
0	0,0178	20	0,0101
5	0,0152	30	0,0081
10	0,0131	40	0,0065
12	0,0124	50	0,0056
15	0,0114		

§1.5 – Lực tác dụng.

Tất cả những lực tác dụng lên những phần tử ở bên trong ω chia thành *hai loại* sau đây:



Hình 1 – 1.

(1). *Những lực trong* (nội lực): tác dụng lên nhau những lực từng đôi một cân bằng nhau (theo nguyên lý tác dụng và phản tác dụng), tạo thành một hệ lực tương đương với số không.

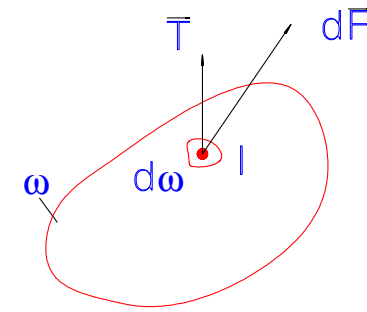
(2). *Những lực ngoài* (ngoại lực):

- *Lực mặt*: những phần tử ở ngoài mặt ω tác dụng lên những phần tử ở trong mặt ω .

- *Lực khối*: Những trường lực (trọng lực, từ trường, điện trường...v...v..): có những tác động lên những phần tử ở trong mặt ω .

§1.6 – Ứng suất tại một điểm.

(1). Xét một phân tố diện tích $d\omega$ lấy trên một mặt ω , bao quanh điểm I của mặt ω (hình 1 – 2)



Hình 1 – 2.

Hệ lực mặt tác dụng lên $d\omega$ thu được về một lực duy nhất đặt tại I và một mô men \overrightarrow{dM} .

Khi $d\omega \rightarrow 0$, xung quanh điểm I cố định thì véc tơ $\frac{\overrightarrow{dF}}{d\omega} \rightarrow$ một véc tơ \overrightarrow{T} gọi là ứng suất tại I .

Như vậy ở giới hạn ta viết được: $\overrightarrow{dF} = \overrightarrow{T} \cdot d\omega$

(2). Nếu tưởng tượng mặt ω chứa đựng phân tố đó ta có thể định nghĩa ứng suất trên một phân tố diện tích.

Chứng minh được rằng vì chất lỏng là môi trường liên tục, đẳng hướng nên muốn biết ứng suất tại I trên một phân tố diện tích $d\omega$ chỉ cần biết những ứng suất trên ba phân tố diện tích đôi một vuông góc với nhau và đều đi qua I .

§1.7 – Chất lỏng lý tưởng và chất lỏng thực.

- *Chất lỏng thực* có tất cả những tính chất như trên (5 tích chất)
- *Chất lỏng lý tưởng*: bao gồm những tính chất sau:
 - Không có tính nhớt: $\mu = 0$
 - Di động tuyệt đối.
 - Không chống được lực kéo và cắt.
 - Không nén được.
 - Chất lỏng ở trạng thái tĩnh rất gần với chất lỏng lý tưởng.

CHƯƠNG 2: THỦY TĨNH HỌC

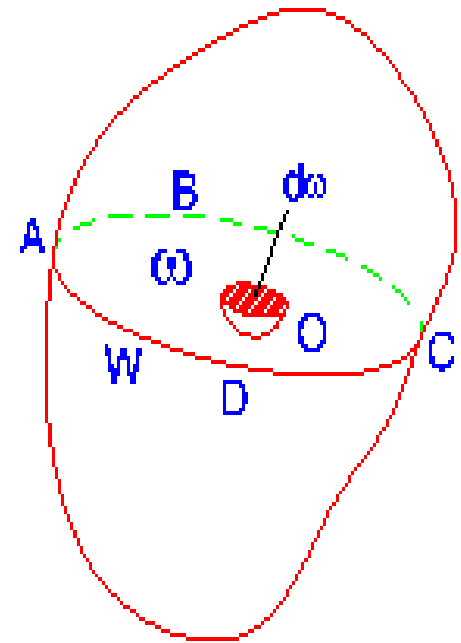
§2.1 – Áp suất thủy tĩnh – Áp lực.

Lấy một khối chất lỏng W đứng cân bằng (hình 2 – 1). Chia cắt khối đó bằng một mặt phẳng tùy ý $ABCD$ và vứt bỏ phần trên, thì muốn giữ phần dưới khối đó ở trạng thái cân bằng như cũ ta phải *thay thế tác dụng của phần trên lên phần dưới bằng một hệ lực tương đương*.

Gọi \vec{P} là lực của phần trên tác dụng lên ω , tỉ số $\frac{\vec{P}}{\omega} = \vec{P}_\omega$ gọi là áp suất thủy tĩnh trung bình.

Nếu diện tích $\omega \rightarrow 0$, thì tỉ số $\frac{\vec{P}}{\omega} \rightarrow$ giới hạn \vec{p} , gọi là áp suất thủy tĩnh tại một điểm, hay áp suất thủy tĩnh.

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \left(\frac{\vec{P}}{\omega} \right) = \vec{p} \quad (2-1)$$



Hình 2 – 1

Áp suất thủy tĩnh p là ứng suất tác dụng lên một phân tử diện tích lấy trong nội bộ môi trường chất lỏng đang xét.

Lực \bar{P} tác dụng lên diện tích ω gọi là áp lực thủy tĩnh lên diện tích ấy.

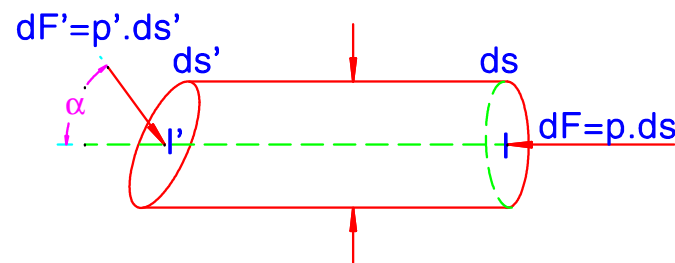
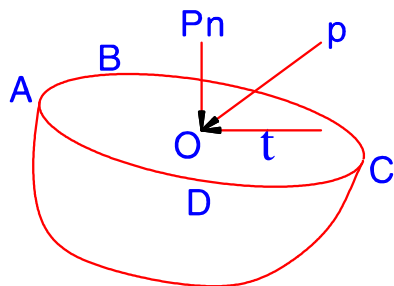
Chú ý: gọi trị số p của p là áp suất thủy tĩnh và trị số P của \bar{P} là áp lực thủy tĩnh. Áp suất có đơn vị là $\frac{N}{m^2}$ hoặc $\frac{kg}{m.s^2}$.

Trong kỹ thuật, áp suất còn được đo bằng atmôtphe (at): $1 \text{ at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ (N/m}^2\text{)}$;
 $1 \text{ at} = 1 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$.

Áp lực có đơn vị là Niuton (N); Áp suất còn được đo bằng chiều cao cột nước.

§2.2 – Hai tính chất cơ bản của áp suất thủy tĩnh.

Tính chất 1: Áp suất thủy tĩnh tác dụng thẳng góc với diện tích chịu lực và hướng vào diện tích ấy.



Tính chất 2: *Trị số áp suất thủy tĩnh tại một điểm bất kỳ không phụ thuộc hướng đặt của diện tích chịu lực tại điểm này.*

Lấy một phần tử diện tích ds có tâm I và một hình trụ vô cùng nhỏ có tiết diện thẳng ds (hình 2 – 3).

Theo định nghĩa, ta có các trị số áp lực dF và dF' : $dF = p \cdot dS$; $dF' = p' \cdot dS'$

$$dF - dF' \cos \alpha = 0 \quad (2 - 2)$$

$p dS = p' \cdot dS' \cos \alpha$; vì $dS = dS' \cos \alpha$ nên ta rút ra:

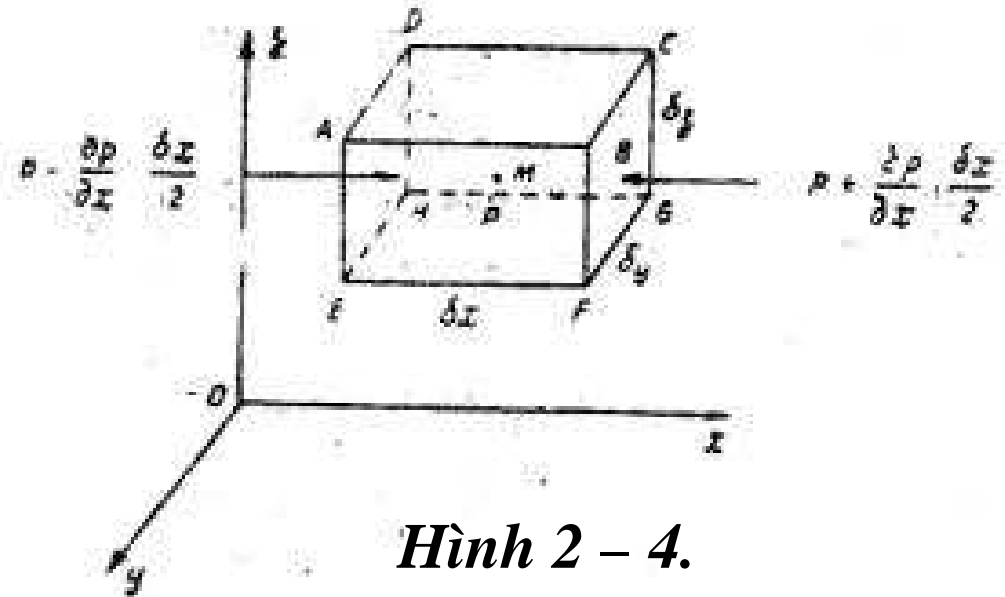
$$p = p' \quad (2 - 3)$$

Vậy áp suất thủy tĩnh tại điểm I là một đại lượng vô hướng p , chỉ phụ thuộc vị trí của điểm I .

§2.3 – Phương trình vi phân cơ bản của chất lỏng cân bằng

Xét khối chất lỏng hình hộp vô cùng nhỏ ABCDEFGH có cạnh δx , δy , δz (hình 2 – 4) đứng cân bằng. Điều kiện cân bằng là tổng số hình chiếu trên các trục của các lực mặt và lực thể tích tác dụng lên khối đó bằng không.

➤ Gọi p là áp suất tại trọng tâm M của hình hộp thì áp suất tại trọng tâm mặt $ADHE$ là $\left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{\delta x}{2}\right)$,
 tại trọng tâm mặt $BCGF$ là $\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{\delta x}{2}\right)$



Hình 2 - 4.

➤ Gọi F_x là thành phần trên trục Ox của lực thể tích F tác dụng lên một đơn vị khối lượng chất lỏng, ta có thể viết *điều kiện cân bằng của hình hộp theo phương x như sau:*

$$\left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{\delta x}{2}\right) \delta y \delta z - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{\delta x}{2}\right) \delta y \delta z + \rho F_x \delta x \delta y \delta z = 0$$

rút gọn ta có:
$$-\frac{\partial p}{\partial x} + \rho F_x = 0 \text{ hoặc } F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

Suy luận tương tự đối với những hình chiếu các lực trên các trục Oy, Oz và viết toàn bộ hệ thống phương trình biểu thị sự cân bằng của khối hình hộp, ta có:

$$\left. \begin{aligned} F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2-4)$$

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

Đó là hệ phương trình vi phân cơ bản của chất lỏng đứng cân bằng và còn gọi là hệ phương trình Orlé

Hệ (2-4) có thể viết dưới dạng vi phân toàn phần của p như sau: nhân những phương trình trong hệ (2-4) riêng biệt với dx, dy, dz rồi cộng vế đối vế, ta có:

$$(F_x dx + F_y dy + F_z dz) - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) = 0 \quad (2-5)$$

Vì $p = f(x, y, z)$ chỉ là hàm số của tọa độ, nên ta có thể viết được:

$$(F_x dx + F_y dy + F_z dz) - \frac{1}{\rho} dp = 0 \quad \text{hoặc} \quad dp = \rho(F_x dx + F_y dy + F_z dz) \quad (2-6)$$

Phương trình (2-6) gọi là phương trình vi phân cân bằng của chất lỏng.

§2.4 – Mặt đẳng áp.

Mặt đẳng áp là mặt có áp suất thủy tĩnh tại mọi điểm đều bằng nhau, tức là mặt có $p = \text{const}$, do đó $dp = 0$.

Phương trình vi phân của mặt đẳng áp:

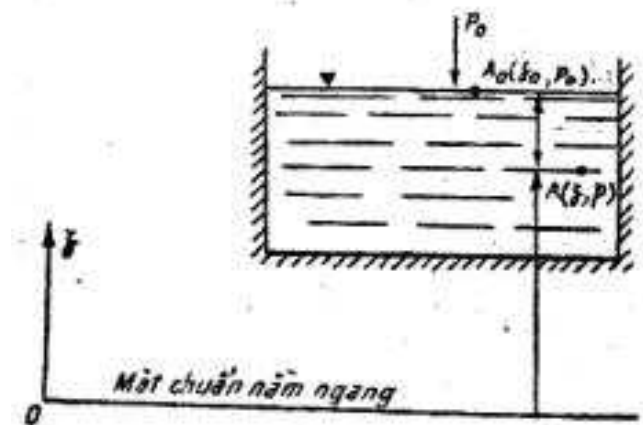
$$F_x dx + F_y dy + F_z dz = 0 \quad (2-7)$$

Tính chất 1: Hai mặt đẳng áp khác nhau không thể cắt nhau.

Tính chất 2: Lực thể tích tác dụng lên mặt đẳng áp thẳng góc với mặt đẳng áp.

§2.5 – Sự cân bằng của chất lỏng trọng lực

- Khi lực thể tích chỉ là trọng lực thì chất lỏng được gọi là *chất lỏng trọng lực*.
- Lực thể tích F tác dụng lên một đơn vị khối lượng của chất lỏng trọng lực, ta có $F_x = 0$, $F_y = 0$ và $F_z = -g$ (g là gia tốc rơi tự do) (hình 2 – 5)



Hình 2 – 5.

1. Phương trình cơ bản của chất lỏng ở trạng thái cân bằng.

Từ (2 – 6), thay $F_x = 0$, $F_y = 0$, $F_z = -g$ ta có:

$$dp = -\rho g dz \quad (2 - 8)$$

Sau khi tích phân và chia cho ρg ta có:

$$z + \frac{p}{\rho g} = \text{const} \quad (\text{với } \gamma = \rho g) \quad (2 - 9)$$

Từ (2 – 9) xét tại hai điểm A và A_0 ta được:

$$\boxed{z + \frac{p}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} = \text{const}} \quad (2 - 10)$$

hoặc $p = p_0 + \gamma(z_0 - z) \quad (2 - 10)'$

Gọi z_0 là tung độ của điểm ở trên mặt tự do và h là độ sâu của điểm đang xét có tung độ z , ta có: $h = z_0 - z$.

Nên (2 – 10)' có thể viết: $\boxed{p = p_0 + \gamma h} \quad (2 - 11)$

Phương trình (2 – 10); (2 – 11) là phương trình cơ bản của thủy tĩnh học.

2. Mặt đẳng áp của chất lỏng trọng lực.

Phương trình mặt đẳng áp được viết dưới dạng:

$$-g \cdot dz = 0; \text{ do } g \neq 0 \text{ nên } z = \text{const.}$$

- Mặt đẳng áp trong chất lỏng tĩnh, đồng nhất sẽ là các mặt nằm ngang bất kỳ, trong đó có cả mặt thoáng, không phụ thuộc vào hình dạng bình chứa chất lỏng.
- Mặt nằm ngang cũng sẽ là mặt phân cách của hai loại chất lỏng cùng chứa trong một bình.

3. Định luật bình thông nhau.

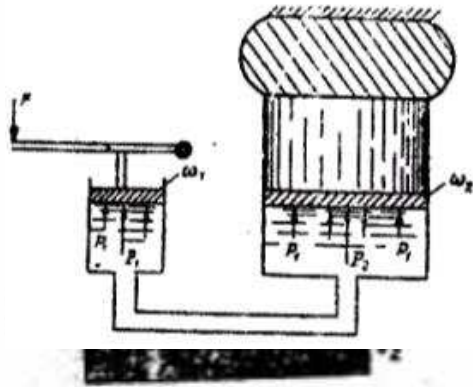
Hai bình thông nhau chứa đựng chất lỏng khác nhau và có áp suất trên mặt thoáng bằng nhau, độ cao của chất lỏng ở mỗi bình tính từ mặt phân chia hai chất lỏng đến mặt thoáng sẽ tỷ lệ nghịch với trọng lượng đơn vị của chất lỏng, tức là:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \quad (2 - 12)$$

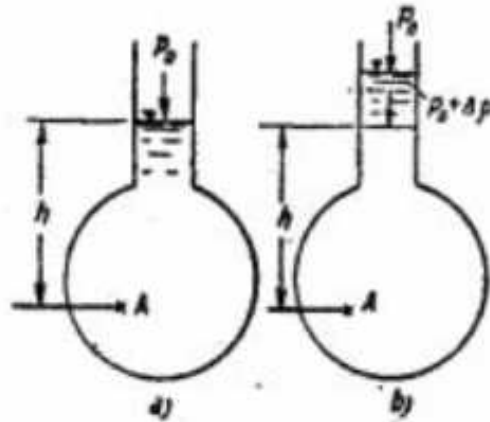
Nếu $\gamma_1 = \gamma_2$ thì $h_1 = h_2$.

4. Định luật Patscan.

Gọi p_0 là áp suất tại mặt ngoài (hình 2 – 7a), áp suất tại một điểm A ở độ sâu h trong chất lỏng đó là: $p = p_0 + \gamma h$.



Hình 2 – 6.



Hình 2 – 7.

Nếu tăng áp suất ở ngoài lên một trị số Δp thì áp suất mới p' tại A sẽ là:

$$p' = (p_0 + \Delta p) + \gamma h$$

Vậy áp suất mới tại A sẽ tăng lên một lượng bằng:

$$p' - p = \Delta p.$$

Như vậy: "Độ biến thiên của áp suất thủy tĩnh trên mặt giới hạn một thể tích chất lỏng cho trước được truyền đi nguyên vẹn đến tất cả các điểm của thể tích chất lỏng đó". Kết luận đó là định luật Patscan.

Máy ép thủy lực làm việc theo định luật Patscan:

$$P_2 = p_1 \cdot \omega_2 = \omega_2 \cdot \frac{P_1}{\omega_1}$$

Nếu coi P_1 , ω_1 không đổi, muốn tăng P_2 phải tăng ω_2 .

5. Áp suất tuyệt đối – áp suất dư – áp suất chân không.

-Áp suất tuyệt đối $p_{\text{tuyệt}}$ hoặc áp suất toàn phần: $p = p_0 + \gamma h$ (2 – 13)

-Áp suất dư $p_{\text{dư}}$ hoặc áp suất tương đối: $p_{\text{dư}} = p_{\text{tuyệt}} - p_a$ (2 – 14)

-Nếu thoáng là áp suất khí quyển p_a thì: $p_{\text{dư}} = \gamma h$ (2 – 15)

$$p_{\text{dư}} > 0 \text{ khi } p_{\text{tuyệt}} > p_a; \quad p_{\text{dư}} < 0 \text{ khi } p_{\text{tuyệt}} < p_a$$

-Áp suất chân không p_{ck} , hoặc gọi tắt là chân không:

$$p_{\text{ck}} = p_a - p_{\text{tuyệt}} \quad (2 – 16)$$

$$p_{\text{ck}} = -p_{\text{dư}} \quad (2 – 17)$$

-Áp suất tại một điểm có thể đo bằng chiều cao cột chất lỏng. Vậy có thể biểu thị các áp suất như sau:

$$h_{\text{tuyệt}} = \frac{p_{\text{tuyệt}}}{\gamma}; \quad h_{\text{dư}} = \frac{p_{\text{dư}}}{\gamma}; \quad h_{\text{ck}} = \frac{p_{\text{ck}}}{\gamma} \quad (2 – 18)$$

Trong điều kiện bình thường, áp suất khí quyển tại mặt thoáng thường lấy bằng áp suất của cột thủy ngân cao 760mm. Người ta quy ước lấy $p_a = 98100N/m^2$ ($=1kG/cm^2$) và gọi là átmốtphe kỹ thuật. Át một phe kỹ thuật tương đương với cột nước cao:

$$h = \frac{p_a}{\gamma} = \frac{98100}{9810} = 10m$$

6. Ý nghĩa hình học và năng lượng của phương trình cơ bản của thủy tĩnh học.

– *Ý nghĩa hình học*: Từ phương trình $z + \frac{p}{\gamma} = const$, có thể nói rằng tổng số độ cao hình học (z) đối với mặt chuẩn nằm ngang và độ cao áp suất ($\frac{p}{\gamma}$) là một hằng số đối với tại bất kỳ điểm nào trong chất lỏng.

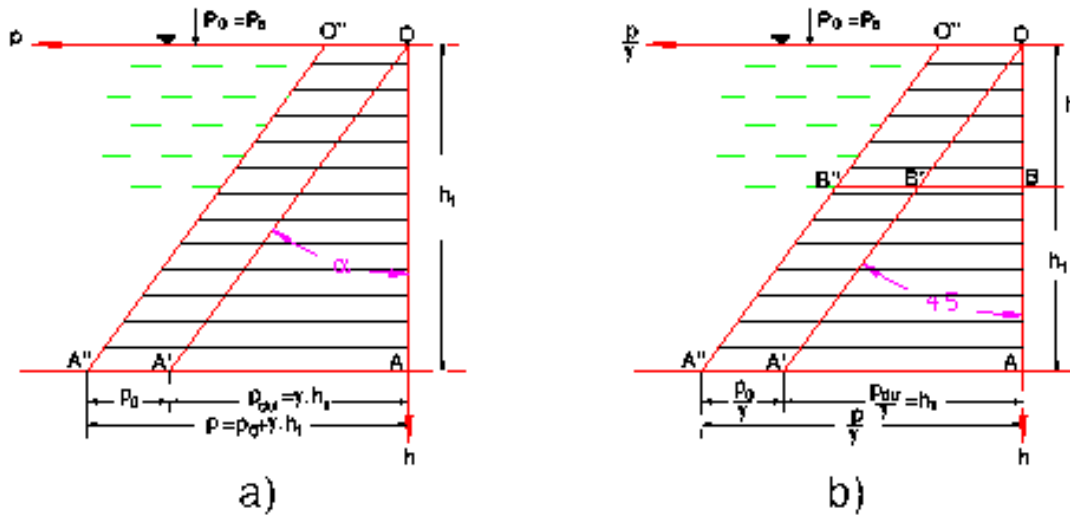
– *Ý nghĩa năng lượng*: Ta thấy rằng khối chất lỏng đang xét mang một thể năng bằng tổng số vị năng và áp năng.

Đối với một đơn vị trọng lượng, thể năng đó bằng: $z + h$ hoặc $z + \frac{p}{\gamma}$ và

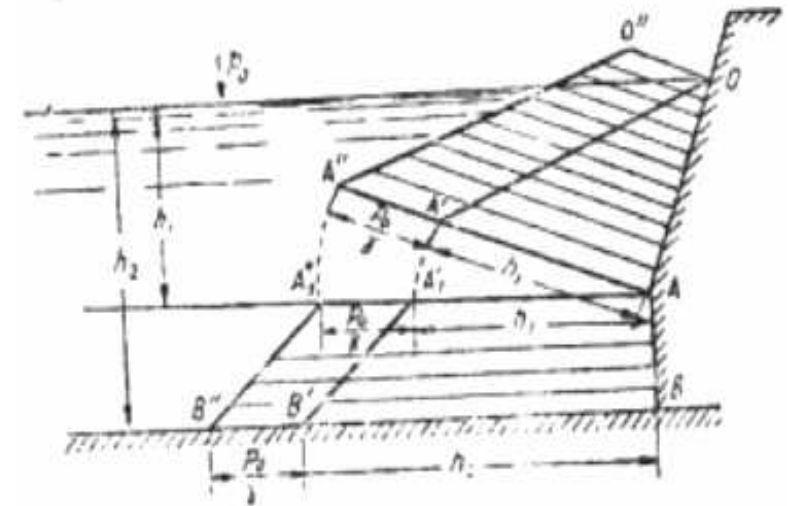
gọi là thể năng đơn vị; z gọi là vị năng đơn vị; $\frac{p}{\gamma}$ gọi là áp năng đơn vị.

7. Đồ phân bố áp suất thủy tĩnh. Đồ áp lực.

Sự biểu diễn bằng đồ thị hàm số (2 – 11) trong hệ toạ độ nói trên gọi là *đồ phân bố áp suất thủy tĩnh* (hình 2 – 8a)



Hình 2 – 8



Hình 2 – 9.

Còn vẽ đồ phân bố áp suất trên đường cong ta phải biểu diễn bằng đồ thị trị số áp suất tại từng điểm theo phương trình (2 – 11) rồi nối lại thành đường cong của đồ phân bố.

§2.6 – Sự cân bằng của chất lỏng trong bình chứa chuyển động.

Ta nghiên cứu hai trường hợp tĩnh tương đối của chất lỏng:

- Khi bình chứa chuyển động thẳng với gia tốc không đổi.
- Khi bình chứa hình trụ tròn quay đều quanh trục thẳng đứng của bình, hệ toạ độ gắn chặt với bình chứa.

1. Sự cân bằng của chất lỏng đựng trong bình chuyển động thẳng với gia tốc không đổi.

Trường hợp này thường gặp ở các xe chở dầu, nước. Giả thiết bình chứa đang chuyển động thẳng với gia tốc không đổi a . Mỗi phần tử chất lỏng chịu tác dụng của hai lực khối: trọng lực $\mathbf{G} = m\mathbf{g}$ và lực quán tính $\mathbf{R} = -m\mathbf{a}$, trong đó m là khối lượng của phần tử chất lỏng.

Với hệ toạ độ như hình 2 – 10, hình chiếu F_x, F_y, F_z của các lực khối lên các trục là:

$$F_x = -a; \quad F_y = 0; \quad F_z = -g$$

Mặt đẳng áp:

$$-a \cdot dx - g \cdot dz = 0$$

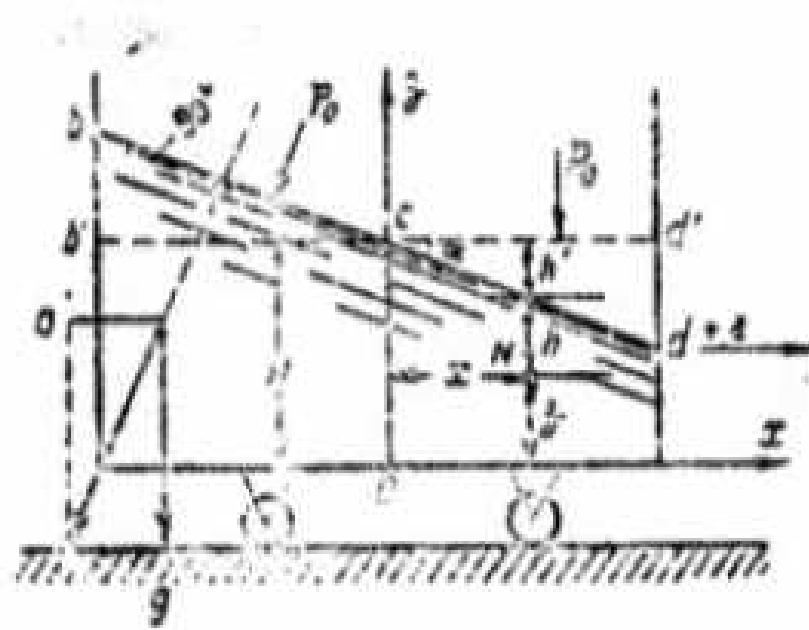
Tích phân ta có phương trình mặt đẳng áp:

$$a \cdot x + gz = \text{const}$$

Mặt đẳng áp như vậy là mặt phẳng nghiêng, ta có một họ các mặt đẳng áp song song lập thành một góc α đối với mặt nằm ngang theo

$$\text{ngang theo } \text{tg} \alpha = \frac{a}{g}.$$

Sự phân bố áp suất: $p = p_0 + \gamma h$.



Hình 2 – 10.

2. Sự cân bằng của chất lỏng đựng trong bình hình trụ tròn quay đều quanh trục thẳng đứng qua tâm bình.

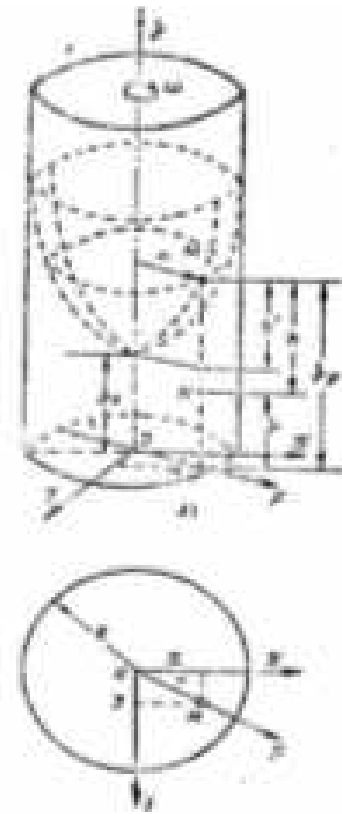
$F_x = \omega^2 x$; $F_y = \omega^2 y$; $F_z = -g$; trong đó x, y là hình chiếu của r lên trục x, y .

Mặt đẳng áp: $\omega^2 x dx + \omega^2 y dy - g \cdot dz = 0$

Sau khi tích phân ta có: $\frac{1}{2} \omega^2 r^2 - gz = C$

Đây là phương trình của mặt parabolôit có trục quay Oz. vậy mặt đẳng áp trong trường hợp này là một họ các mặt parabolôit (hình 2 – 13), với các trị số C khác nhau.

Sự phân bố áp suất: $p = p_0 + \gamma h$.



Hình 2 – 11.

§2.7 – Áp lực của chất lỏng lên thành phẳng có hình dạng bất kỳ.

Trong trường hợp thành rắn là mặt phẳng, thì những áp suất tác dụng lên thành rắn đều song song với nhau, do đó chúng có một áp lực tổng hợp P duy nhất. Ta nghiên cứu trị số và điểm đặt của P.

1. Trị số áp lực

Áp lực dP tác dụng lên một vi phân diện tích $d\omega$,
mà trọng tâm của nó đặt ở độ sâu h tính bằng:

$$dP = p d\omega = (p_0 + \gamma h) d\omega$$

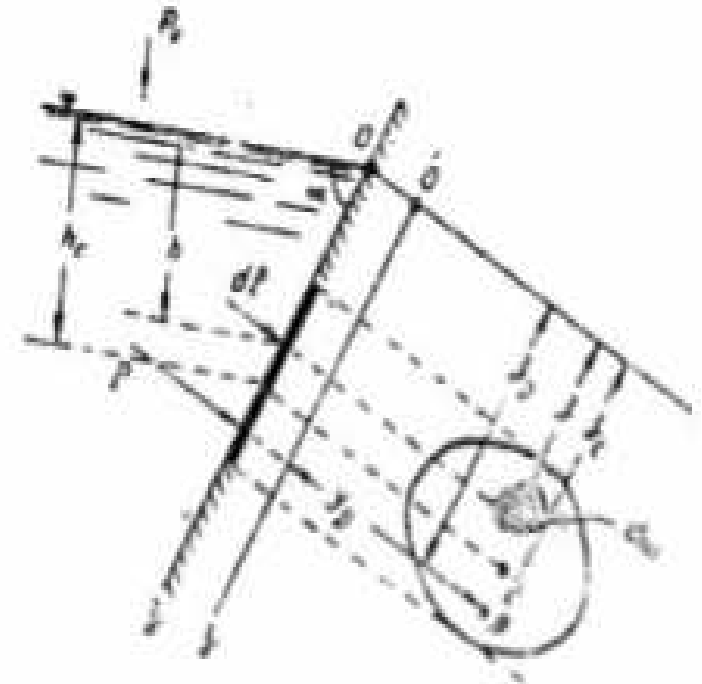
Áp lực P tác dụng lên toàn bộ diện tích ω bằng:

$$P = \int_{\omega} p d\omega = \int_{\omega} (p_0 + \gamma h) d\omega$$

Trên hình phẳng lấy hệ trục tọa độ Oxy như
hình 2 – 12; ta có: $h = z \sin \alpha$; Vậy:

$$P = \int_{\omega} (p_0 + \gamma z \sin \alpha) d\omega = \int_{\omega} p_0 d\omega + \int_{\omega} \gamma z \sin \alpha d\omega = p_0 \omega + \gamma \sin \alpha \int_{\omega} z d\omega \quad (2 - 19)$$

Tích phân $\int_{\omega} z d\omega = S_{Oy}$, chính bằng mô men tĩnh của diện tích ω đối với Oy.



Hình 2 – 12

Gọi z_c là tung độ của trọng tâm C của diện tích đó, như đã biết trong cơ học lý thuyết, có thể viết: $S_{Oy} = z_c \cdot \omega$

Gọi h_c là độ sâu của C thì: $h_c = z_c \sin \alpha$

do đó: $S_{Oy} = \frac{h_c \omega}{\sin \alpha}$; biểu thức (2 – 19) viết thành:

$$P = (P_0 + \gamma h_c) \omega \quad (2 - 20)$$

(chú ý rằng biểu thức $(p_0 + \gamma h_c)$ là áp suất tuyệt đối tại trọng tâm C của diện tích phẳng).

Như vậy: *Áp lực thủy tĩnh của chất lỏng tác dụng lên diện tích phẳng, ngập trong chất lỏng bằng tích số của áp suất tuyệt đối tại trọng tâm diện tích phẳng đó với diện tích ấy.*

Nếu $p_0 = p_a$, áp lực dư tác dụng lên diện tích phẳng nói trên bằng:

$$P = \gamma h_c \omega \quad (2 - 21)$$

2. Vị trí tâm áp lực:

Điểm đặt của áp lực gọi là tâm áp lực (*tuỳ theo áp lực là áp lực tuyệt đối hay áp lực dư mà tâm áp lực gọi là tâm áp lực tuyệt đối hay tâm áp lực dư*)

a) Xác định z_D :

Mômen của áp lực P đối với trục Oy bằng:

$$M = Pz_D = \gamma h_c \omega z_D \quad (2 - 22)$$

Tổng số mômen đối với trục Oy của áp lực lên diện tích vi phân bằng:

$$M = \int pzd\omega = \int \gamma h_c z d\omega = \gamma \sin \alpha \int z^2 d\omega = \gamma \sin \alpha I_y, \quad (2 - 23)$$

trong đó $I_y = \int z^2 d\omega$ là mômen quán tính của diện tích ω đối với trục Oy.

Cân bằng (2 - 22) và (2 - 23) ta có:

$$z_D = \frac{I_y}{\omega h_c} \sin \alpha = \frac{I_y}{\omega z_c} \quad (2 - 24)$$

$$I_y = I_0 + \omega z_c^2$$

Thay trị số I_y vào (2 - 24) ta có:

$$z_D = z_c + \frac{I_0}{\omega z_c} \quad (2 - 25)$$

Như vậy vị trí của tâm áp lực bao giờ cũng đặt sâu hơn vị trí của trọng tâm.

Ở phụ lục 1 có công thức tính I_0 , z_c và ω cho một số hình phẳng hay gấp.

b) Xác định h_D :

$$h_D = h_c + \frac{I_0 \cdot \sin^2 \alpha}{\omega h_c} \quad (2 - 26)$$

Công thức tính vị trí điểm đặt áp lực chỉ áp dụng khi mặt thoáng có áp suất dư $P_{\text{dư}} = 0$.

§2.8 – Áp lực chất lỏng lên thành phẳng hình chữ nhật có đáy nằm ngang.

Thành phẳng hình chữ nhật đặt nghiêng một góc α , đáy rộng b , chiều cao h ; đáy trên đặt ở độ sâu h_1 , đáy dưới đặt ở độ sâu h_2 (hình 2 – 13), áp suất tại mặt tự do bằng áp suất không khí $p_0 = p_a$.

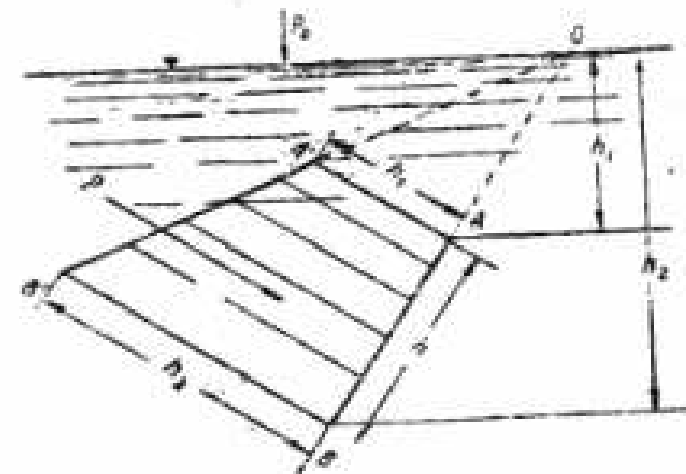
$$P = \gamma h_c \omega$$

Ở đây $\omega = bh$,

$$h_c = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Vậy:

$$P = \gamma \frac{h_1 + h_2}{2} bh \quad (2 - 27)$$



Hình 2 – 13

Trị số $\frac{h_1 + h_2}{2} h$ ở vế phải của phương trình

(2 – 27) bằng diện tích Ω của đồ áp lực dư AA'BB' (hình 2 – 13): $\Omega = \frac{h_1 + h_2}{2} h$

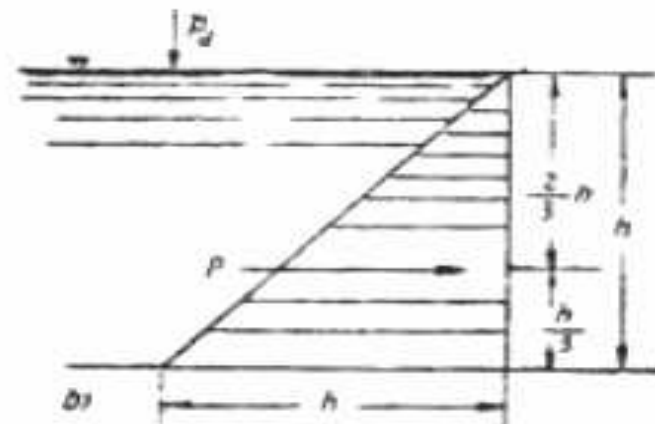
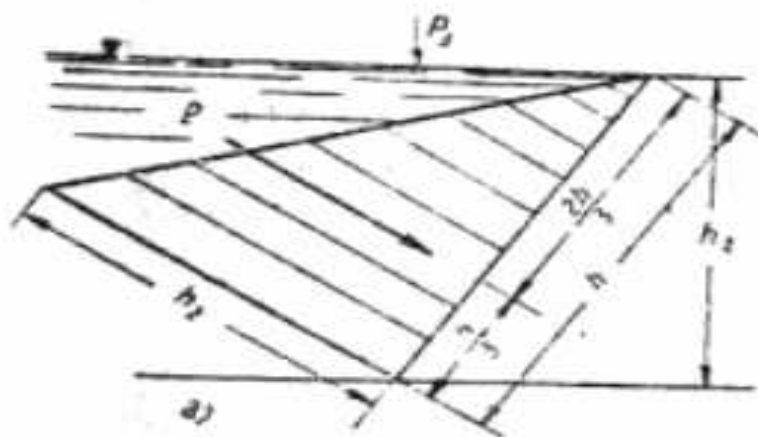
Vậy công thức (2 – 18), trở thành: $P = \gamma \Omega b$ (2 – 28)

Ta có thể nói rằng: *Áp lực dư P tác dụng lên hình chữ nhật bằng tích số diện tích đồ áp lực với bề dài đáy và trọng lượng riêng của chất lỏng.*

Đường tác dụng của P tất nhiên đi qua trọng tâm thể tích tạo bởi đồ áp lực và hình chữ nhật chịu lực.

Nếu cạnh trên hình chữ nhật đặt tại mặt tự do (hình 2 – 14a): $\Omega = \frac{1}{2} h h_2$; Áp lực P đi qua trọng tâm của đồ áp và bằng: $P = \gamma \Omega b = \frac{\gamma}{2} h_2 h b$

Nếu hình chữ nhật đặt thẳng đứng thì đồ áp lực trên thành tam giác vuông cân (hình 2 – 14b); $\Omega = \frac{1}{2} h^2$ và $P = \gamma \Omega b = \frac{\gamma}{2} b h^2$ (2 – 29)



Hình 2 – 14.

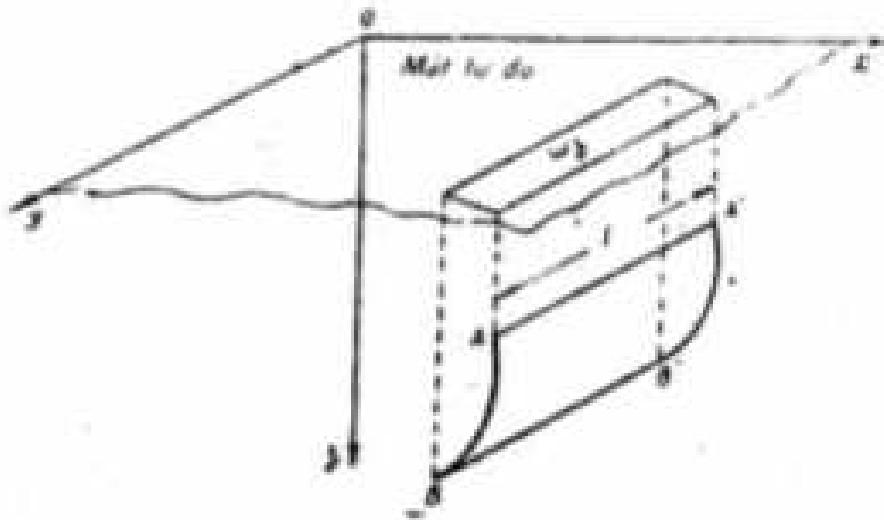
§2.9 – Áp lực chất lỏng lên thành cong.

- Nói chung nếu thành cong có hình dạng bất kỳ, thì những áp lực nguyên tố không hợp lại thành một áp lực tổng hợp duy nhất.

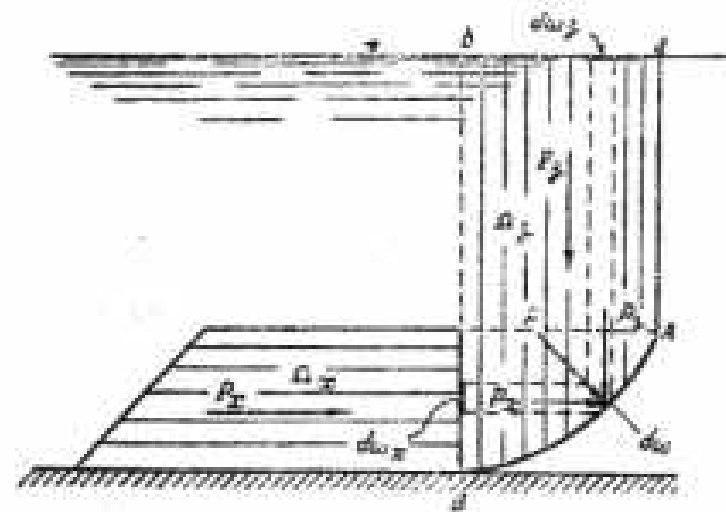
Ta chỉ nghiên cứu một trường hợp thường gặp là áp lực chất lỏng tác dụng lên thành cong hình *trụ tròn có đường sinh đặt nằm ngang*.

- Áp suất trên mặt tự do bằng áp suất không khí: $p_0 = p_a$. Ta sẽ xác định thành phần P_x và P_z của \mathbf{P} (còn $P_y = 0$), rồi tìm ra \mathbf{P} theo:

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



Hình 2 – 15



Hình 2 – 16

$$dP_x = dP \cos(d\hat{P}, x) = \gamma h d\omega \cos(d\hat{P}, x) = \gamma h d\omega_x$$

$$dP_y = dP \cos(d\hat{P}, y) = \gamma h d\omega \cos(d\hat{P}, y) = \gamma h d\omega_y$$

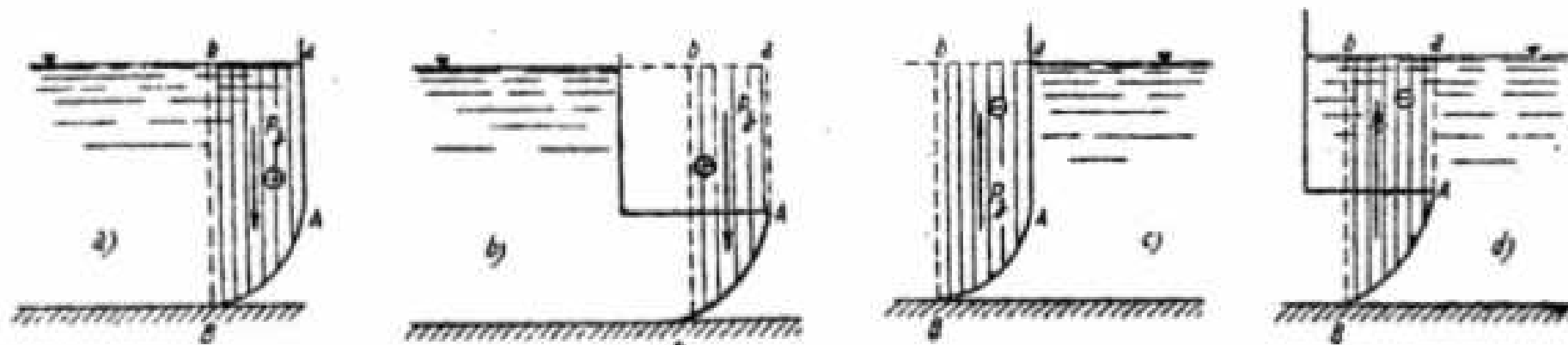
Những công thức cho ta tìm ba thành phần P_x , P_y , P_z của áp lực P lên thành cong là:

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \gamma h_c \omega_x \\ P_y &= \gamma h_c \omega_y \\ P_z &= \gamma W \end{aligned} \right\} \quad (2-30)$$

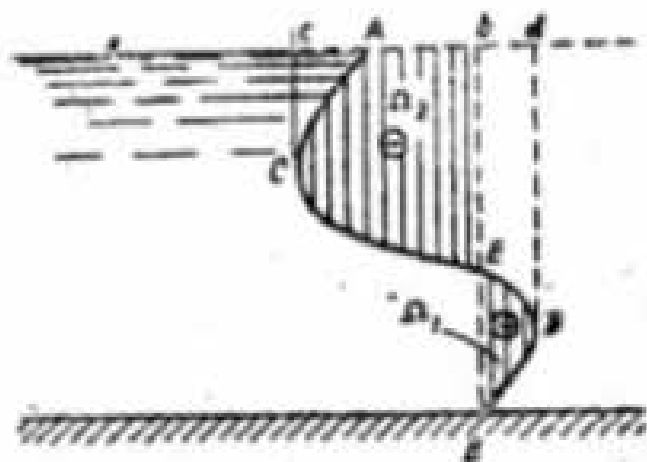
Trong đó h_c là độ sâu trọng tâm của mặt trụ và đồng thời cũng là độ sâu trọng tâm những hình chiếu ω_x , ω_y

$$\text{Khi đó } P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \quad (2-31)$$

Sau đây là ba trường hợp vật áp lực:



Hình 2 - 17.



Hình 2 - 18

§2.10 – Định luật Ácsimét, sự cân bằng của vật rắn ngập hoàn toàn và nổi trên mặt tự do của chất lỏng

1. Định luật Ácsimét

Xét lực thủy tĩnh P tác dụng vào một vật rắn có thể tích W ngập hoàn toàn trong chất lỏng (hình 2 – 24); gồm thành phần thẳng đứng P_z' và thành phần nằm ngang P_x' của áp lực P .

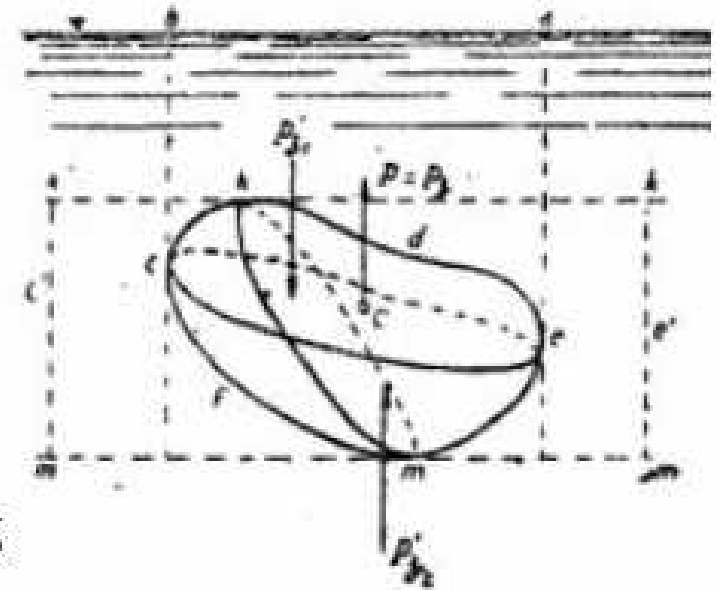
Muốn xác định thành phần thẳng đứng P_z' Chia mặt trụ thành 2 phần: phần trên cde và phần dưới cfe . Lực P_{z1}' tác dụng lên phần trên bằng trọng lượng của vật áp lực $abcde$ và hướng thẳng đứng; theo quy ước về dấu của vật áp lực thì P_{z1}' mang dấu (+).

$$P_{z1}' = + \gamma V_{abcde}$$

Lực P_{z2}' tác dụng lên phần dưới bằng trọng lượng của vật áp lực $abcfe$ và hướng thẳng đứng lên trên; P_{z2}' mang dấu (-): $P_{z2}' = - \gamma V_{abcfe}$

Tổng áp lực thẳng đứng P_z' tác dụng lên toàn bộ mặt kín của $cdfe$ bằng:

$$P_z' = P_{z1}' + P_{z2}' = \gamma(V_{abcde} - V_{abcfe}) = \gamma V_{cdef} = - \gamma W \quad (2 - 32)$$



Hình 2 – 19

Muốn xác định thành phần nằm ngang P_x của P ta vẽ mặt trụ nằm ngang chia mặt ngoài vật rắn thành hai thành phần không kín: phần trái kcm và phần phải kem .

Vì những hình chiếu thẳng đứng $k'c'm'$ và $k'e'm'$ của những mặt kcm và kem bằng nhau và trọng tâm của những hình chiếu đó ở những độ sâu bằng nhau, nên tổng hợp hai thành phần tổng áp lực nằm ngang ở bên trái và bên phải bằng không: $P'_x = 0$; như vậy, chỉ còn lại $P = P_z$.

Vậy: Một vật rắn ngập hoàn toàn trong chất lỏng chịu tác dụng của một áp lực hướng lên trên, có trị số bằng trọng lượng khối chất lỏng bị vật rắn chiếm chỗ.

- Định luật này là *định luật Ácsimét*; áp lực đó gọi là *lực Ácsimét*
- Định luật Ácsimét cũng dùng cho vật nổi.

2. Sự cân bằng của vật rắn ngập hoàn toàn trong chất lỏng

3. Sự cân bằng của vật rắn nổi trên mặt tự do của chất lỏng.

CHƯƠNG 3

CƠ SỞ ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT LỎNG

§3.1 – Những khái niệm chung.

➤ **Động lực học chất lỏng:**

- + Nghiên cứu những quy luật chung về chuyển động của chất lỏng.
- + Phương trình động học viết chung cho cả chất lỏng lý tưởng và chất lỏng thực (*do không xét đến những lực tác dụng*).

➤ **Các yếu tố của chuyển động:**

- **Áp suất thủy động học P :**

- + *Chất lỏng lý tưởng*: Áp suất thủy động của chất lỏng lý tưởng có những tính chất như áp suất thủy tĩnh.
- + *Chất lỏng thực*: áp suất thủy động hướng vào mặt chịu tác dụng, không hướng theo pháp tuyến, gồm hai thành phần ứng suất pháp tuyến P_n và thành phần ứng suất tiếp tuyến τ do tính nhớt gây ra.

- **Vận tốc u** là lưu tốc điếm.

- **Gia tốc a .**

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}(x, y, z, t); \quad \mathbf{u} = \mathbf{u}(x, y, z, t); \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}(x, y, z, t)$$

§3.2 – Các định nghĩa liên quan đến dòng chảy và các yếu tố thủy lực cơ bản của dòng chảy.

1. Chuyển động không ổn định và chuyển động ổn định:

Chuyển động không ổn định: $u = u(x, y, z, t)$; $P = P(x, y, z, t)$; $a = a(x, y, z, t)$... v.. hoặc $\frac{\partial u}{\partial t} \neq 0$; $\frac{\partial P}{\partial t} \neq 0$; ..v...

Chuyển động ổn định: $u = u(x, y, z)$; $P = P(x, y, z)$; $a = a(x, y, z)$... v.. hoặc $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$; $\frac{\partial P}{\partial t} = 0$; ..v...

2. Quỹ đạo – Đường dòng:

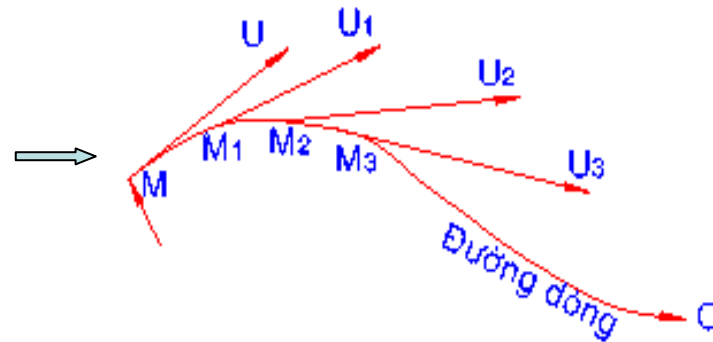
- Quỹ đạo là đường đi của một phần tử chất lỏng trong không gian.
- Đường dòng là đường cong tại một thời điểm cho trước, đi qua các phần tử chất lỏng có véc tơ lưu tốc là những tiếp tuyến của đường cong ấy

3. Dòng nguyên tố - dòng chảy:

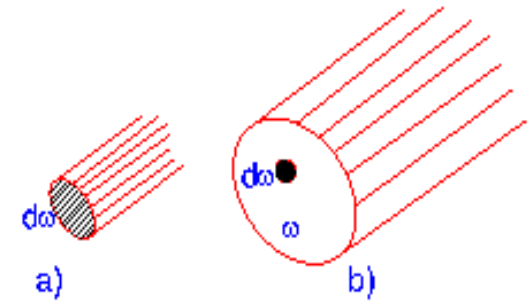
- Tất cả các đường dòng đi qua các điểm trên đường cong đó tạo thành một mặt có dạng mặt ống (h.3 – 2a) gọi là *ống dòng*

- Khối lượng chất lỏng chuyển động ở trong không gian giới hạn bởi ống dòng gọi là dòng nguyên tố

Đường dòng
Dòng nguyên tố



Hình 3 – 1



Hình 3 – 2

- Tập hợp vô số dòng nguyên tố giới hạn bởi diện tích hữu hạn ω gọi là dòng chảy (hình 3 – 2b).

4. Những yếu tố thủy lực cơ bản của dòng chảy

a) Mặt cắt ướt (ω).

b) Chu vi ướt (χ).

c) Bán kính thủy lực (R)
$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (3 - 1)$$

d) Lưu lượng là thể tích chất lỏng đi qua mặt cắt ướt nào đó trong một đơn vị thời gian, ký hiệu Q; đơn vị m^3/s , l/s .

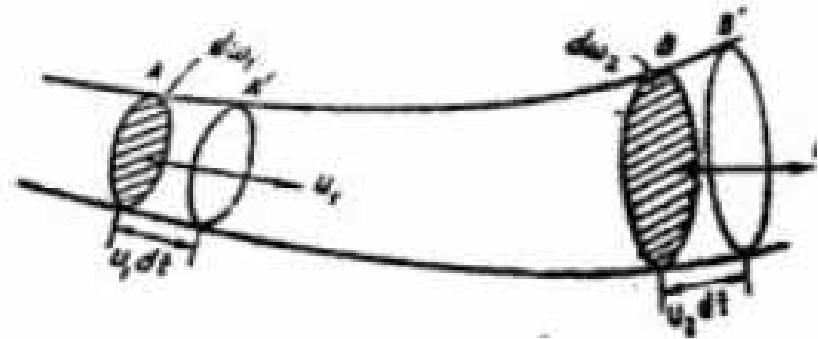
e) Lưu tốc trung bình ký hiệu bằng v (m/s, cm/s):
$$v = \frac{Q}{\omega} \quad (3 - 2)$$

§3.3 – Phương trình liên tục của chất lỏng chuyển động ổn định.

- Chất lỏng chuyển động một cách liên tục tức chiếm đầy không gian, không có chỗ trống.
- Tính chất liên tục đó có thể biểu thị bởi biểu thức toán học gọi là phương trình liên tục.

Lấy hai mặt cắt A và B có diện tích tương ứng là $d\omega_1$ và $d\omega_2$ (hình 3 – 2) với lưu tốc tương ứng u_1 và u_2 .

Sau thời gian dt , thể tích chất lỏng giới hạn bởi hai mặt cắt A và B có vị trí mới là thể tích giới hạn bởi hai mặt cắt A' và B'.



Hình 3 – 3

- Thể tích $[A, B] =$ thể tích $[A', B']$; Thể tích $[A, A'] = d\omega_1 u_1 dt$; thể tích $[B, B'] = d\omega_2 u_2 dt$; $u_1 d\omega_1 dt = u_2 d\omega_2 dt$ hay $u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2$ (3 – 3)
- Phương trình (3 – 3) là phương trình liên tục của dòng nguyên tố. Có thể viết thành: $dQ_1 = dQ_2$ hoặc $dQ = \text{const}$ (3 – 4)
Phương trình (3 – 3) không có yếu tố lực nên nó đúng cho cả chất lỏng lý tưởng lẫn chất lỏng thực.

- Lưu tốc trung bình mặt cắt ướt v_1 và v_2 tương ứng với mặt cắt ướt ω_1 và ω_2 , như vậy: $v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2$ (3 – 5)

Đó là phương trình liên tục của dòng chảy ổn định của chất lỏng không nén được, đúng cho cả chất lỏng lý tưởng lẫn chất lỏng thực.

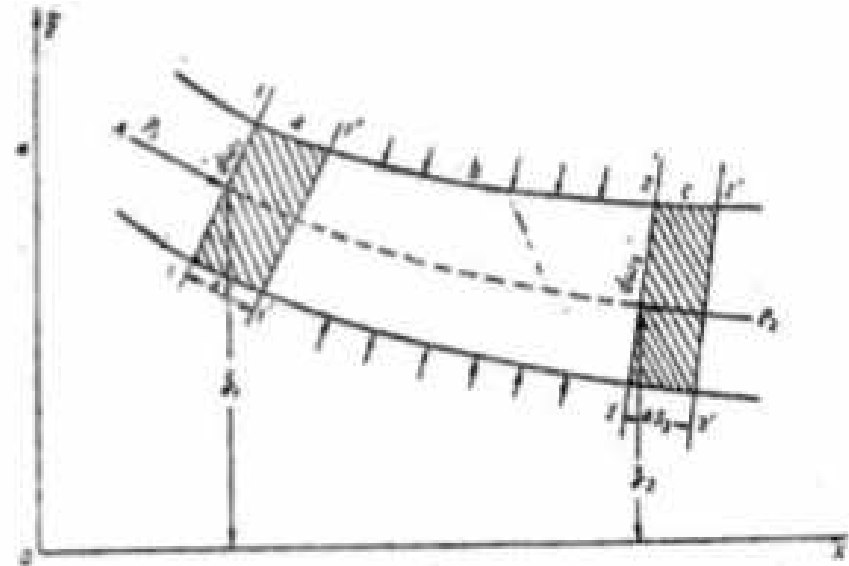
$$Q_1 = Q_2 \quad \text{hoặc} \quad Q = \text{const} \quad \text{N như vậy:} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (3 - 6)$$

§3.4 – Phương trình Bécnuyl của dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chảy ổn định.

- Định luật Động năng: "Sự biến thiên động năng của một khối lượng nhất định khi nó di động trên một quãng đường, bằng công của các lực tác dụng lên khối lượng đó, cũng trên quãng đường đó "
- Đoạn dòng nguyên tố giới hạn bởi mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2 (hình 3 – 4), có diện tích tương ứng $d\omega_1$ và $d\omega_2$; trọng tâm ở độ cao z_1 , và z_2 ; áp suất thủy động là p_1 và p_2 ; lưu tốc là u_1 và u_2 .

Sau một thời gian vô cùng nhỏ Δt , các phần tử chất lỏng của mặt cắt ướt 1 – 1 đã di động được một quãng đến vị trí 1' – 1', độ dài Δs_1 . Các phần tử chất lỏng của mặt cắt ướt 2 – 2 di động được một quãng đến vị trí 2' – 2', độ dài Δs_2 :
 Với: $\Delta s_1 = u_1 \Delta t$ và $\Delta s_2 = u_2 \Delta t$.

Lưu lượng đi qua mặt cắt ướt 1 – 1 và 2 – 2 bằng: $dQ = u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2$.



Hình 3 – 4

Trong thời gian Δt , sự biến thiên động năng $\Delta_{(đ.n)}$ của đoạn dòng nguyên tố đang xét bằng hiệu số động năng của khu c và a, vì động năng của khu b không đổi:

$$\Delta_{(đ.n)} = \rho dQ \Delta t \frac{u_2^2}{2} - \rho dQ \Delta t \frac{u_1^2}{2} = \frac{\gamma}{g} dQ \Delta t \left(\frac{u_2^2 - u_1^2}{2} \right)$$

Các lực ngoài gồm trọng lực và áp lực thủy động.

Công sinh ra bởi trọng lực $C_{\text{TR-L}}$ bằng công của trọng lực khối chất lỏng khu a di chuyển một độ cao bằng $z_1 - z_2$ để đi tới khu c, tức là:

$$C_{\text{TR-L}} = \gamma d \omega_1 \Delta s_1 (z_1 - z_2) = \gamma d Q \Delta t (z_1 - z_2)$$

Áp lực thủy động tác dụng lên đoạn dòng nguyên tố đang xét gồm lực: $\mathbf{P}_1 = \mathbf{p}_1 d\omega_1$ (hướng thẳng góc vào mặt cắt vớt 1 - 1); $\mathbf{P}_2 = \mathbf{p}_2 d\omega_2$ (hướng thẳng góc vào mặt cắt vớt 2 - 2)

Các lực bên hướng thẳng góc với phương chuyển động nên không sinh ra công.

Công sinh ra bởi áp lực P_1 và P_2 bằng:

$$C_{\text{áp}} = \mathbf{P}_1 \Delta s_1 - \mathbf{P}_2 \Delta s_2 = \mathbf{p}_1 d\omega_1 \Delta s_1 - \mathbf{p}_2 d\omega_2 \Delta s_2 = \mathbf{p}_1 d\omega_1 \mathbf{u}_1 \Delta t - \mathbf{p}_2 d\omega_2 \mathbf{u}_2 \Delta t = dQ (\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2) \Delta t.$$

Theo định luật động năng ta viết được: $\Delta_{(\text{đ.n})} = C_{\text{TR-L}} + C_{\text{áp}}$

$$\text{Tức là: } \frac{\gamma}{g} dQ \Delta t \left(\frac{u_2^2 - u_1^2}{2} \right) = \gamma dQ \Delta t (z_1 - z_2) + dQ (p_1 - p_2) \Delta t$$

Viết phương trình động năng cho một đơn vị trọng lượng chất lỏng, ta có:

$$\frac{u_2^2}{2g} - \frac{u_1^2}{2g} = z_1 - z_2 + \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma}$$

$$\text{Từ đó: } \boxed{z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}} \quad (3-7)$$

Vì các mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2 tùy ý chọn, phương trình (3 – 7) có thể viết:

$$\boxed{z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{const}} \quad (3-8)$$

Phương trình (3 – 7) và (3 – 8) gọi là *phương trình Bernouly của dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chuyển động ổn định*.

§3.5 – Phương trình Bécnuylý của dòng nguyên tố chất lỏng thực chảy ổn định.

Chất lỏng thực có tính nhớt nên sinh ra sức ma sát trong, cản trở chuyển động.

Vì vậy chất lỏng thực: $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} \neq const$, nếu chất lỏng chuyển động từ mặt cắt 1 – 1 đến 2 – 2 thì: $z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} > z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}$

Ký hiệu h'_w là phần năng lượng bị tiêu hao khi chất lỏng chuyển động từ mặt cắt 1 – 1 đến 2 – 2 thì phương trình Bécnuylý của dòng nguyên tố chất lỏng thực sẽ là: $z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h'_w$ (3 – 9)

h'_w gọi là tổn thất năng lượng đơn vị hay còn gọi là tổn thất cột nước.

Gọi $H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = const$; thì ở bất kỳ một mặt cắt (2 – 2) nào ở sau mặt cắt (1 – 1), ta đều có: $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} + h'_w = const$ (3 – 9')

Phương trình (3 – 9') là một dạng của phương trình *Bécnuylý của dòng nguyên tố chất lỏng thực*.

§3.6 – Ý nghĩa năng lượng và thủy lực của phương trình Bécnuily viết cho dòng nguyên tố chảy ổn định.

1. Ý nghĩa năng lượng của ba số hạng trong phương trình Bécnuily

z : là vị năng đơn vị; $\frac{p}{\gamma}$: là áp năng đơn vị; $z + \frac{p}{\gamma}$: biểu thị thế năng đơn vị; $\frac{u^2}{2g}$: động năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng hay là động năng đơn vị.

Tổng số của ba số hạng: $(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g})$ trong phương trình Bécnuily biểu thị *tổng cơ năng* của một đơn vị trọng lượng, tức là tổng số của thế năng đơn vị và động năng đơn vị.

2. Ý nghĩa thủy lực của ba số hạng trong phương trình Bécnuily.

z : độ cao hình học hay cột nước vị trí.

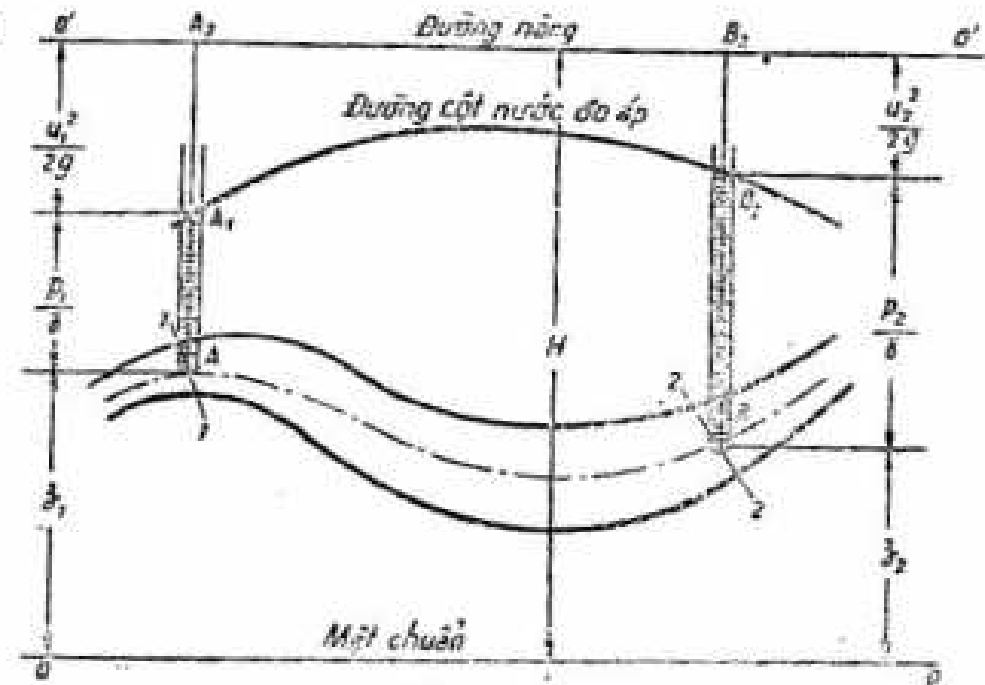
$\frac{p}{\gamma}$: độ cao áp suất của mặt cắt ướt

nguyên tố hay cột nước áp suất.

$\frac{u^2}{2g}$: gọi là cột nước lưu tốc.

Vì tổng số $\left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} \right)$ tại

bất kỳ mặt cắt ướt đều là hằng số, đường biểu diễn gọi là đường *tổng cột nước*, đường này biểu diễn sự biến thiên của năng lượng đơn vị dọc dòng chảy nên còn gọi là *đường năng*.

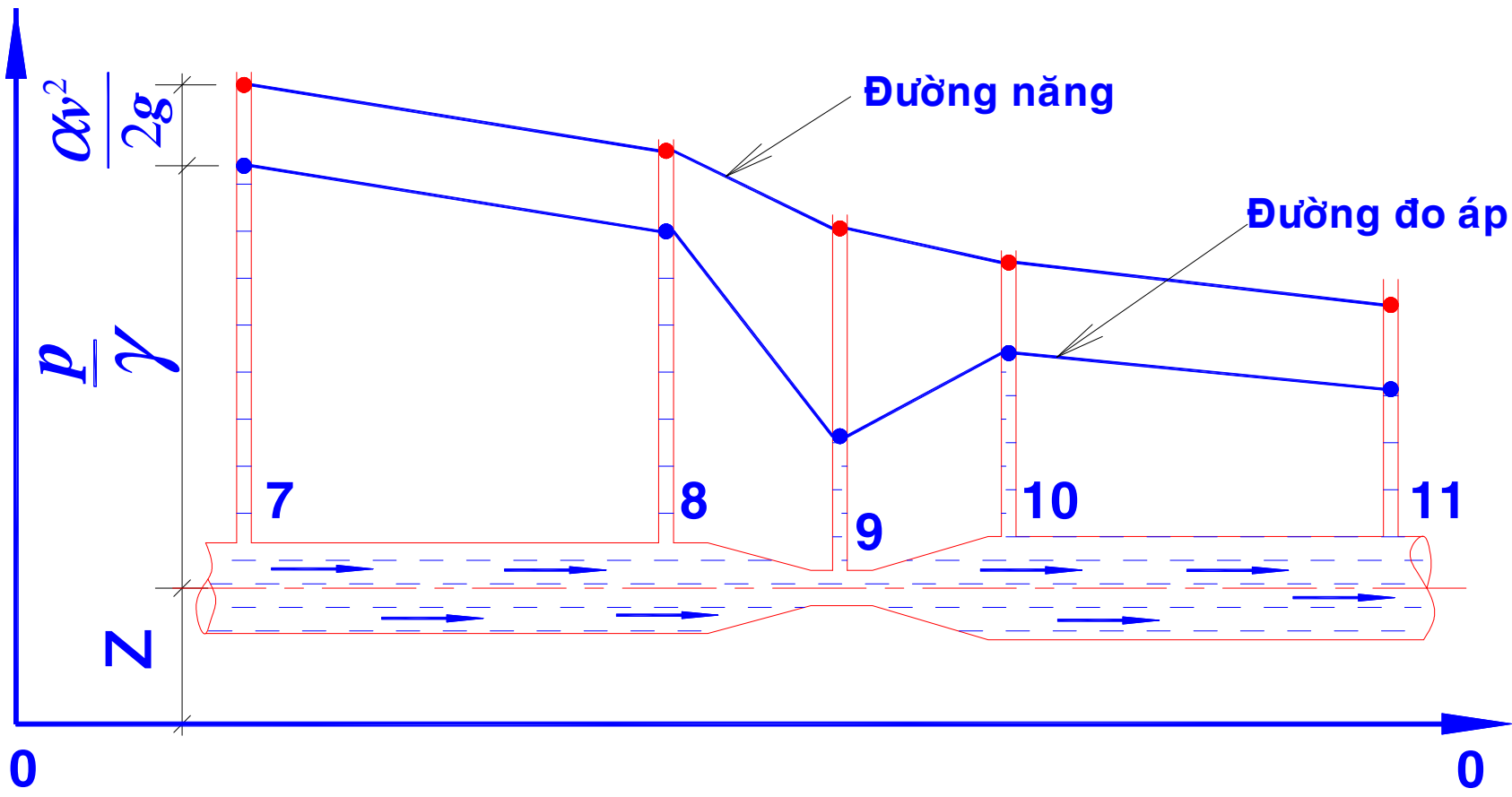


Hình 3 – 5

Nếu cột nước vị trí z không đổi; từ phương trình Bécnuily ta có $\frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}$, nên: ở nơi nào lưu tốc nhỏ thì áp suất thủy động lớn, ở nơi nào lưu tốc lớn thì áp suất thủy động nhỏ.

Đối với chất lỏng thực đường tổng cột nước không thể nằm ngang được, chỉ có thể thấp dần.

Biểu đồ đường năng và đường áp



§3.7 – Độ dốc thủy lực và độ dốc đo áp của dòng nguyên tố.

1. Độ dốc thủy lực.

Là tỷ số hạ thấp của đường tổng cột nước tức là đường năng đôi với độ dài của đoạn dòng nguyên tố; ký hiệu J

Trong trường hợp tổng quát, khi đường cột nước là đường cong

$$J = -\frac{dH}{dl} = -\frac{d}{dl} \left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} \right) = \frac{dh'_w}{dl} \quad (3-10)$$

Độ dốc thủy lực là trị số dương nên đằng trước đạo hàm phải đặt dấu âm, vì số gia dH bao giờ cũng âm.

Khi đường tổng cột nước là một đường thẳng thì độ dốc thủy lực là:

$$J = \frac{h'_w}{l} \quad (3-11)$$

2. Định nghĩa độ dốc đường đo áp.

Là tỷ số độ hạ thấp xuống hoặc lên cao của đường đo áp đối với độ dài của dòng nguyên tố; ký hiệu J_p :

$$J_p = \pm \frac{d\left(z + \frac{p}{\gamma}\right)}{dl} \quad (3 - 12)$$

Dấu \pm biểu thị cột nước đo áp dọc theo dòng chảy có thể là dương hoặc âm. Trong trường hợp đặc biệt, khi diện tích của mặt cắt ướt $\omega = \text{const}$, tức là lưu tốc u và cột nước lưu tốc $\frac{u^2}{2g}$ không đổi dọc theo dòng chảy, độ dốc thủy lực và độ dốc đo áp bằng nhau: $J = J_p$.

§3.8 – Phương trình Bécnuily của toàn dòng (có kích thước hữu hạn) chất lỏng thực, chảy ổn định.

1. Dòng chảy đổi dần, dòng chảy đều.

Phương trình Bécnuily cho toàn dòng chảy cũng chỉ tiến hành được trong điều kiện dòng chảy phải **đổi dần chứ không đổi đột ngột**.

Dòng chảy đối dãn là dòng chảy ổn định, có các đường dòng gần là đường thẳng song song, nghĩa là: Góc β giữa các đường dòng rất nhỏ và bán kính cong r của đường dòng khá lớn (hình 3 – 6).



Hình 3 – 6.

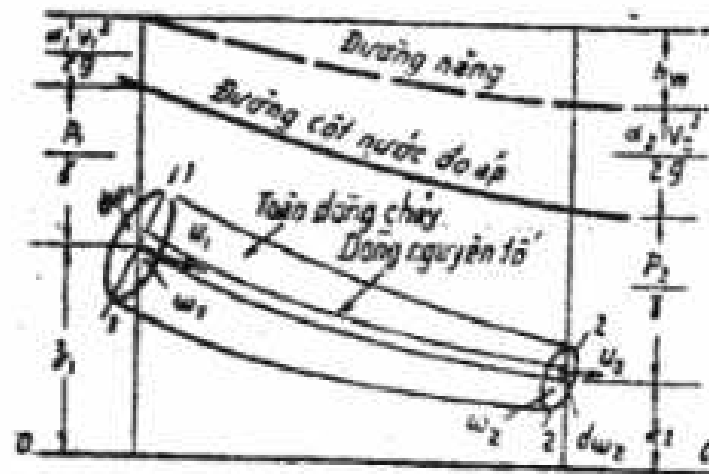
2. Phương trình Bécnuily của toàn dòng chảy ổn định

Từ phương trình Bécnuily của dòng nguyên tố suy diễn phương trình toàn dòng.

Ta gọi lưu lượng dòng nguyên tố là dQ , trọng lượng tương ứng γdQ .

Viết biểu thức năng lượng của toàn dòng.

Muốn vậy nhân các số hạng của phương trình Bécnuily (3 – 9) cho γdQ , sau đó tích phân đối với toàn mặt cắt ω_1 và ω_2 :



Hình 3 – 7

$$\int_{\omega_1} \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) \gamma \cdot dQ + \int_{\omega_1} \frac{u_1^2}{2g} \gamma \cdot dQ = \int_{\omega_2} \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) \gamma \cdot dQ + \int_{\omega_2} \frac{u_2^2}{2g} \gamma \cdot dQ + \int_{\omega_2} h_w \gamma \cdot dQ \quad (3-13)$$

Như vậy ta giải quyết ba dạng tích phân sau: $\int_{\omega} \left(z + \frac{p}{\gamma} \right) \gamma \cdot dQ$; $\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma \cdot dQ$; $\int_{\omega} h_w \gamma \cdot dQ$

Tích phân thứ nhất: $\int_{\omega} \left(z + \frac{p}{\gamma} \right) \gamma \cdot dQ = \gamma \left(z + \frac{p}{\gamma} \right) \int_{\omega} dQ = \gamma Q \left(z + \frac{p}{\gamma} \right) \quad (3-14)$

Tích phân thứ hai: Lưu tốc điểm u của mỗi phần tử chất lỏng trên mặt cắt ướt, so với lưu tốc trung bình khác nhau một trị số $\pm \Delta u$.

Vậy: $u = v \pm \Delta u$; do $dQ = u d\omega$ nên:

$$\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma \cdot dQ = \gamma \int_{\omega} \frac{u^3}{2g} d\omega = \frac{\gamma}{2g} \int_{\omega} (v \pm \Delta u)^3 d\omega = \frac{\gamma}{2g} \int_{\omega} \left[v^3 \pm 3v^2(\Delta u) + 3v(\Delta u)^2 \pm (\Delta u)^3 \right] d\omega$$

Vì $\int_{\omega} (\Delta u)^3 d\omega$ là một đại lượng vô cùng nhỏ bậc cao bên cạnh những đại lượng vô cùng bé bậc thấp hơn nên có thể bỏ đi không tính, còn số hạng $\int_{\omega} \pm \Delta u d\omega$ ta sẽ chứng minh bằng không.

Căn cứ vào $Q = \int_{\omega} u d\omega = \int_{\omega} (v \pm \Delta u) d\omega = \int_{\omega} v d\omega + \int_{\omega} (\pm \Delta u) d\omega = Q + \int_{\omega} (\pm \Delta u) d\omega$

Rõ ràng ta thấy: $\int_{\omega} (\pm \Delta u) d\omega = 0$ và $\int_{\omega} 3v^2 (\Delta u) d\omega = 0$

Như thế ta có: $\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ = \frac{\gamma}{2g} \int_{\omega} [v^3 + 3v(\Delta u)^2] d\omega = \frac{\gamma}{2g} v^3 \int_{\omega} d\omega + \frac{\gamma}{2g} 3v \int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega =$

$$= \frac{\gamma}{2g} \left[v^3 \omega + 3v \int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega \right] = \frac{\gamma}{2g} v^3 \omega \left[1 + \frac{3 \int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega}{v^2 \omega} \right] \quad (3-15)$$

Đặt : $\alpha = 1 + \frac{3 \int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega}{v^2 \omega}$ (3-16)

Ta có : $\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \gamma dQ = \frac{\gamma}{2g} \alpha v^3 \omega = \gamma Q \frac{\alpha \omega^2}{2g}$ (3-17)

Hoặc từ (3-17): $\alpha = \frac{\int_{\omega} u^2 dQ}{v^2 Q} = \frac{\int_{\omega} u^3 d\omega}{v^3 \omega}$ (3-18)

α là tỷ số của động năng thực của dòng chảy đối với động năng tính bằng lưu tốc trung bình; hệ số α bao giờ cũng lớn hơn 1. Hệ số α thường gọi là hệ số sửa chữa động năng hoặc là hệ số cột nước lưu tốc, còn gọi là hệ số **Cô-ri-ô-lit**. Khi nước chảy trong kênh, ống, máng v.v... thường α có thể lấy khoảng **1,05 đến 1,10**.

Tích phân thứ ba: Gọi h_w là tổn thất năng lượng trung bình của một đơn vị trọng lượng hoặc nói gọn là tổn thất cột nước trong đoạn dòng đó, ta có:

$$\int h_w \gamma \cdot dQ = \gamma \cdot Q h_w \quad (2 - 19)$$

Căn cứ vào ba kết quả của ba tích phân trên, ta viết được biểu thức (3 – 13) dưới dạng sau:

$$\gamma \cdot Q \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) + \gamma \cdot Q \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \gamma \cdot Q \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) + \gamma \cdot Q \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \gamma \cdot Q h_w \quad (3 - 20)$$

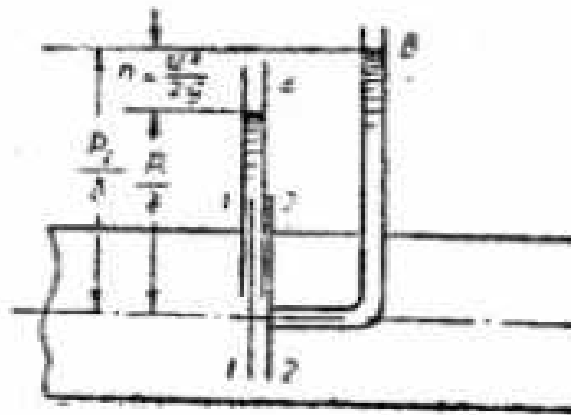
Viết phương trình cho một đơn vị trọng lượng, tức là chia các số hạng cho γQ , ta được:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w \quad (3 - 21)$$

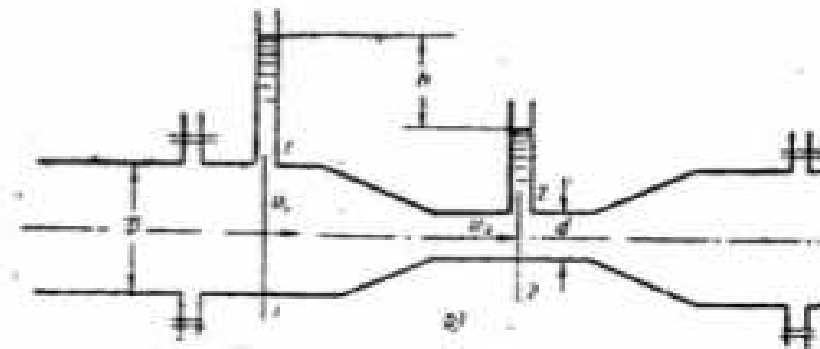
Đó là **phương trình Bernoulli của toàn dòng chảy ổn định của chất lỏng thực**, một trong những phương trình cơ bản và quan trọng nhất của thủy lực học.

§3.9 – Ứng dụng của phương trình Bécnuily trong việc đo lưu tốc và lưu lượng.

1. Ống pitô (hình 3 – 8a).



a)



b)

Hình 3 – 8

Lưu tốc điểm tính theo công thức: $u = \sqrt{2gh}$

Viết phương trình Bécnuily cho mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2 với mặt chuẩn đi qua điểm cân đo, bỏ qua tổn thất $h_w = 0$; $z_1 = z_2$; $u_2 = 0$, ta có: $\frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma}$

Do đó:
$$u_1 = \sqrt{2g \frac{p_2 - p_1}{\gamma}} = \sqrt{2gh} \quad (3 - 22)$$

Để xét đến ảnh hưởng của độ nhớt chất lỏng: $u = \varphi \sqrt{2gh} \quad (3 - 23)$

trong đó: $\varphi = 1,00 \div 1,04$.

2. Ống Venturi (hình 3 – 8b).

Lưu lượng Q tính như sau:

$$Q = \mu \sqrt{h} \quad (3-24) \quad \text{với: } \mu = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1}} \quad (3-25)$$

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2, mặt chuẩn trùng với trục ống. Nếu bỏ qua h_w ; ta có:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \quad \text{lấy } \alpha_1 = \alpha_2 = 1, \text{ ta được: } \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{2g} = h \quad (3-26)$$

Theo phương trình liên tục: $v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2$, ta viết lại: $v_2 = v_1 \frac{\omega_1}{\omega_2} = v_1 \left(\frac{D}{d}\right)^2$

Thay vào phương trình (3 – 24), ta được: $h = \frac{v_1^2 \left[\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1 \right]}{2g} \rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1}}$

Tính lưu lượng: $Q = v_1 \omega_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1}} \sqrt{h} = \mu \sqrt{h} \quad (\mu \text{ tính theo 3 – 25})$

Thực tế có tổn thất giữa hai mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2:

Nên $Q = k\mu \sqrt{h} \quad (3-27) \quad (k \text{ luôn nhỏ hơn 1})$

§3.10 – Phương trình động lượng của toàn dòng chảy ổn định.

Định luật động lượng trong cơ học lý thuyết phát biểu như sau: "Đạo hàm của động lượng của một vật thể đối với thời gian bằng hợp lực những ngoại lực tác dụng vào vật thể":

$$\frac{d\bar{K}}{dt} = \frac{d(m\bar{u})}{dt} = \bar{F} \quad (3-28) \quad \text{hoặc:} \quad d\bar{K} = d(m\bar{u}) = \bar{F}dt$$

Trong đó: \bar{K} : vectơ động lượng, $\bar{K} = m\bar{u}$; m: khối lượng vật thể; \bar{u} vận tốc vật thể; t: thời gian.

Trong dòng chảy ổn định, lấy đoạn dòng giới hạn bởi các mặt bên và hai mặt cắt ướt 1-1 và 2-2; trong đoạn dòng đó ta lấy một dòng nguyên tố và nghiên cứu sự biến đổi động lượng của nó trên trục X. Theo định luật động lượng ta viết được:

$$\Delta F_x dt = \rho [(u_x)_2 - (u_x)_1] dQ dt \quad (3-29)$$

hay
$$\Delta F_x = \rho [(u_x)_2 - (u_x)_1] dQ \quad (3-30)$$

Tích phân phương trình trên cho cả mặt cắt ướt ω và gọi F_x là hình chiếu lên trục x của ngoại lực tác động vào toàn đoạn dòng ta có:

$$F_x = \rho \int_{\omega} [(u_x)_2 - (u_x)_1] dQ \quad (3-31)$$

Ta biết: $u = v \pm \Delta u$

$$\text{Vậy: } \rho \int_{\omega} u dQ = \rho \int_{\omega} u^2 d\omega = \rho \int_{\omega} (v \pm \Delta u)^2 d\omega = \rho v^2 \int_{\omega} d\omega + 2\rho v \int_{\omega} \pm \Delta u d\omega \pm \rho \int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega$$

$$\text{Suy từ: } Q = \int_{\omega} u d\omega = \int_{\omega} (v \pm \Delta u) d\omega = v\omega \pm \int_{\omega} \Delta u d\omega = Q \pm \int_{\omega} \Delta u d\omega$$

$$\text{Ta thấy: } \int_{\omega} \Delta u d\omega = 0 \quad \text{Nhu vậy, ta có: } \rho \int_{\omega} u dQ = \rho v^2 \omega \left[1 + \frac{\int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega}{v^2 \omega} \right] \quad (3-32)$$

$$\text{Đặt: } \alpha_0 = 1 + \frac{\int_{\omega} (\Delta u)^2 d\omega}{v^2 \omega} \quad (3-33)$$

$$\text{Ta có thể viết: } \rho \int_{\omega} u dQ = \rho \alpha_0 v^2 \omega = \rho \alpha_0 v Q$$

$$\text{hoặc: } \alpha_0 = \frac{\rho \int_{\omega} u dQ}{\rho v Q} = \frac{\int_{\omega} u^2 d\omega}{v^2 \omega} \quad (3-34)$$

Hệ số α_0 gọi là *hệ số sửa chữa động lượng hoặc hệ số Businessco*.

Đưa α_0 vào phương trình (3 – 31) ta có:

$$F_x = \rho Q [(\alpha_0 v_x)_2 - (\alpha_0 v_x)_1] \quad (3 - 35)$$

Hoặc: $F_x = \rho Q [(\alpha_{02} v_2) \cos(v_2, x) - \alpha_{01} v_1 \cos(v_1, x)] \quad (3 - 36)$

Viết dưới dạng vectơ, ta có:

$$\vec{F} = \rho Q [\alpha_{02} \vec{v}_2 - \alpha_{01} \vec{v}_1] \quad (3 - 37)$$

Công thức trên phát biểu như sau: Trong dòng chảy ổn định, sự biến thiên của động lượng của đoạn dòng chảy trong đơn vị thời gian bằng hợp lực các ngoại lực (lực khối và lực mặt) tác dụng vào đoạn dòng trong đơn vị thời gian ấy.

Để đặt dấu cho đúng có thể quy ước như sau: Động lượng của khối chất lỏng $\rho Q \alpha_0 v$ mang dấu (+) nếu chất lỏng đi ra khỏi mặt kiểm tra, mang dấu (-) nếu đi vào mặt kiểm tra.

§3.11 – Phân loại dòng chảy.

Theo thời gian, không gian ta chia làm *chuyển động ổn định và không ổn định*: *Sau đây ta chỉ phân loại dòng chảy ổn định*:

1. Dòng chảy không đều và dòng chảy đều:

- Dòng chảy không đều là dòng chảy có các đường dòng không phải là những đường thẳng song song.
- Dòng chảy đều là dòng chảy có đường dòng là đường thẳng song song.

2. Dòng chảy có áp, không áp và dòng tia:

- *Dòng chảy có áp* là dòng chảy mà chu vi của các mặt cắt ướt hoàn toàn là những thành rắn cố định.
- *Dòng chảy không áp* là dòng chảy mà chu vi ướt của các mặt cắt ướt có bộ phận là thành rắn cố định, có bộ phận là mặt tự do tiếp xúc với không khí.
- Nếu toàn bộ chu vi ướt của mặt cắt ướt không tiếp xúc với thành rắn mà tiếp xúc với không khí hoặc với chất lỏng khác thì gọi là *dòng tia*.

3. Dòng chảy đổi dần và dòng chảy đổi đột ngột:

- *Dòng chảy đổi dần* là dòng chảy có các đường dòng gần là những đường thẳng song song, sự phân bố áp lực coi như theo quy luật thủy tĩnh.
- *Dòng chảy đổi đột ngột* là dòng chảy mà các đường dòng không thể coi như những đường thẳng song song, sự phân bố áp lực không tuân theo quy luật thủy tĩnh.

CHƯƠNG 4:

TỒN THẤT CỘT NƯỚC TRONG DÒNG CHẢY

§4.1 – Những dạng tổn thất cột nước.

Trong phương trình Becnuly viết cho toàn dòng chảy thực, số hạng h_w là năng lượng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng bị tổn thất để khắc phục sức cản của dòng chảy trong đoạn dòng đang xét. Ta còn gọi h_w là *tổn thất cột nước*

Ta chia tổn thất cột nước làm làm hai dạng:

Tổn thất dọc đường sinh ra trên toàn bộ chiều dài dòng chảy; ký hiệu h_d .

Tổn thất cục bộ sinh ra tại những nơi cá biệt, ở đó dòng chảy bị biến dạng đột ngột; ký hiệu h_c .

Nguyên nhân của tổn thất cột nước: do ma sát giữa các phần tử chất lỏng.

Tổn thất năng lượng h_w của dòng chảy có thể viết:

$$h_w = \Sigma h_d + \Sigma h_c \quad (4 - 1)$$

Trong đó: Σh_d tổng cộng các tổn thất dọc đường; Σh_c tổng các tổn thất cục bộ của dòng chảy.

§4.2 – Phương trình cơ bản của dòng chất lỏng chảy đều.

Trong dòng chảy đều có áp hoặc không áp, ta lấy một đoạn dòng dài l giới hạn bởi những mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2 (hình 1 – 4a và 1 - 4b), phương chảy lập với phương thẳng đứng một góc bằng θ .

Gọi ω là diện tích mặt cắt ướ́t, dòng chảy đều $\omega = \text{const}$.

Độ cao trọng tâm của mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2 đối với mặt chuẩn nằm ngang 0 – 0 là z_1 và z_2 ; Áp suất thủy động tại những trọng tâm đó là p_1 và p_2

Các ngoại lực tác dụng, chiếu theo phương của trục dòng chảy là:

Lực khối lượng: là trọng lực $G = \gamma\omega l$, có điểm đặt tại trọng tâm dòng chảy; hình chiếu của nó lên trục dòng chảy là $G \cdot \cos\theta = \gamma\omega l \cos\theta$.

Lực mặt:

+ Áp lực $P_1 = p_1\omega$ và $P_2 = p_2\omega$, còn áp lực thủy động tác dụng lên mặt bên của đoạn dòng đều thẳng góc với trục dòng, do đó hình chiếu lên trục dòng bằng không.

+ Ở mặt bên của đoạn dòng đang xét còn sức ma sát đặt ngược chiều chảy và bằng $\tau_0 \chi l$, trong đó χ là chu vi ướ́t.

Vì là dòng chảy đều, tức chuyển động không có gia tốc, nên tổng số hình chiếu các lực trên phương trục dòng bằng không:

$$p_1 \omega - p_2 \omega - \tau_0 \chi l + \gamma \omega l \cos \theta = 0 \quad (4-2); \quad \cos \theta = \frac{z_1 - z_2}{l} \quad (4-3)$$

Thay trị số $\cos \theta$ ở (4-3), và chia số hạng (4-2) cho trọng lượng $G = \gamma \omega l$

ta được:
$$\frac{\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right)}{l} = \frac{\tau_0 \chi}{\gamma \omega} = \frac{\tau_0}{\gamma R} \quad (4-4)$$

Mặt khác, viết phương trình Bernouly cho mặt cắt 1-1 và 2-2

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_d$$

Dòng chảy đều là có áp ta có: $v_1 = v_2$ và $\alpha_1 = \alpha_2$;

nên
$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right) = h_d \quad (4-5)$$

Trong trường hợp dòng chảy đều là không áp ta có: $v_1 = v_2$; $\alpha_1 = \alpha_2$ và $p_1 = p_2$,

do đó:
$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right) = z_1 - z_2 = h_d \quad (4-6)$$

Thay (4 – 6) và (4 – 5) vào (4 – 4), ta được: $\frac{\tau_0}{\gamma R} = \frac{h_d}{l}$

Trong dòng chảy đều, tổn thất cột nước chỉ là tổn thất dọc đường, và tỷ số $\frac{h_d}{l}$ là độ dốc thủy lực J nên: $\frac{\tau_0}{\gamma} = RJ$ (4 – 7)

Đó là phương trình cơ bản của dòng chảy đều, đúng cho cả dòng chảy có áp và không áp.

§4.3 – Hai trạng thái chuyển động của chất lỏng.

1. Thí nghiệm Rây-nôn (Reynolds).

Trong thực tế tồn tại hai trạng thái chảy khác nhau của chất lỏng nhớt.

Sơ đồ thí nghiệm như hình 4 – 2. Trình tự thí nghiệm như sau:

Mở khóa B rất ít cho nước chảy từ thùng A vào ống T, mở khóa K cho nước màu chảy vào ống. Thấy hiện lên một vệt màu nhỏ *căng như sợi chỉ*, chứng tỏ dòng màu và dòng nước chảy riêng rẽ không xáo trộn lẫn nhau.

Khi mở đến một mức nhất định (lưu tốc trong ống đạt tới một trị số nào đó) thì vệt màu bị dao động thành sóng.

Tiếp tục mở khóa nữa, vệt màu bị đứt đoạn, hòa lẫn trong dòng nước; lúc này dòng màu xáo trộn vào dòng nước (hình 4–2a, b, c).

Trạng thái chảy trong đó các phần tử chất lỏng chuyển động theo những tầng lớp không xáo trộn vào nhau gọi là trạng thái chảy tầng.

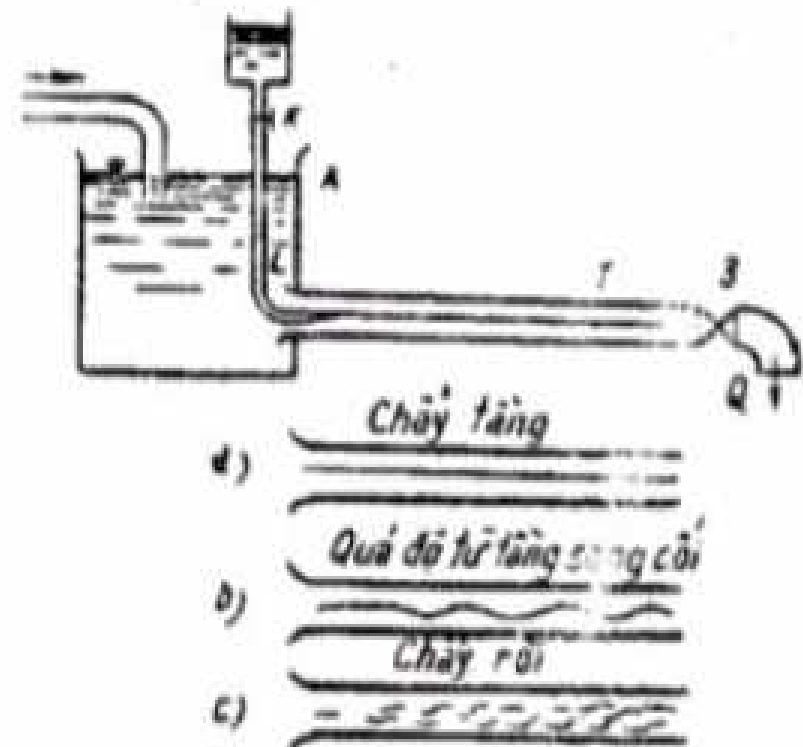
Trạng thái chảy trong đó các phần tử chất lỏng chuyển động vô trật tự, xáo trộn vào nhau gọi là trạng thái chảy rối.

Trạng thái chảy quá độ từ rối sang tầng hoặc từ tầng sang rối gọi là **trạng thái chảy phân giới**

Lưu tốc ứng với dòng chảy chuyển từ trạng thái tầng sang trạng thái rối gọi là **lưu tốc phân giới trên**. Ký hiệu là $v_{Ktrên}$

Lưu tốc ứng với dòng chảy chuyển từ trạng thái rối sang trạng thái tầng gọi là **lưu tốc phân giới dưới**. Ký hiệu là $v_{Kdưới}$

Qua thí nghiệm thấy: $v_{Ktrên} > v_{Kdưới}$. Lưu tốc phân giới không những phụ thuộc vào loại chất lỏng mà còn phụ thuộc vào đường kính ống làm thí nghiệm.



Hình 4 - 2

2. Tiêu chuẩn phân biệt hai trạng thái chảy

Râyôn đã dùng một đại lượng không thứ nguyên để đặc trưng cho trạng thái chảy, đó là *số Râyôn*, ký hiệu R_e .

$$R_e = \frac{vL}{\nu}$$

(4 – 8)

Trong đó:

L – đại lượng về kích thước dài (ống tròn $L = d$; hình bất kỳ $L =$ bán kính thủy lực R)

v – lưu tốc trung bình mặt cắt

ν – hệ số động học nhớt.

Ứng với $v_{Ktrên}$, ta có số Râyôn phân giới trên:

$$R_{e\ Ktrên} = \frac{v_{Ktrên} d}{\nu}$$

(4 – 9)

Ứng với $v_{Kdưới}$, ta có số Râyôn phân giới dưới:

$$R_{e\ Kdưới} = \frac{v_{Kdưới} d}{\nu}$$

(4 – 10)

$R_e < R_{eK\text{dưới}}$ bao giờ cũng là chảy tầng. $R_e > R_{eK\text{trên}}$ bao giờ cũng là chảy rối. $R_{eK\text{dưới}} < R_e < R_{eK\text{trên}}$ có thể là chảy tầng hoặc là chảy rối, thường là chảy rối

Qua nhiều thí nghiệm người ta thấy rằng $R_{eK\text{trên}}$ không có một trị số xác định, thường dao động từ **12.000 đến 50.000**. Trái lại $R_{eK\text{dưới}}$ đối với mọi loại chất lỏng và đối với các đường kính khác nhau đều có *một trị số không đổi và bằng 2320*.

Do đó $R_{eK\text{dưới}}$ được dùng làm tiêu chuẩn để phân biệt trạng thái chảy. Ta có thể coi rằng: Khi $R_e < 2320$ sẽ có trạng thái chảy tầng; Khi $R_e > 2320$ sẽ có trạng thái chảy rối.

3. Ảnh hưởng trạng thái chảy đối với quy luật tổn thất cột nước.

Trạng thái chảy rất quan trọng đối với quy luật tổn thất cột nước. Khi tốc độ chảy càng tăng, sự xáo trộn của các phần tử chất lỏng càng mạnh, do đó chuyển động của chất lỏng càng gặp nhiều trở lực hơn. Vì vậy, trong dòng chảy rối, tổn thất năng lượng lớn hơn trong dòng chảy tầng, và càng tăng khi tốc độ càng lớn.

§4.4 – Trạng thái chảy tầng trong ống.

1. Sự phân bố lưu tốc trong dòng chảy tầng.

Trong trạng thái chảy tầng, ứng suất tiếp hoàn toàn sinh ra bởi tính nhớt của chất lỏng và được xác định theo công thức của Niu-ton, viết ở trường hợp này dưới dạng:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr} \quad (4-11)$$

trong đó: μ là hệ số động lực nhớt; u là lưu tốc của lớp chất lỏng; r là khoảng cách từ tâm ống đến lớp chất lỏng đang xét.

Lưu tốc u càng tăng khi càng ra giữa ống, tức là khi r càng giảm; Sau khi tích phân ta được: $u = -\frac{\gamma J}{4\mu} r^2 + C$ (4-12)

Để xác định hằng số C , ta xét điều kiện biên giới: tại thành ống ($r = r_0$), có $u = 0$, vậy: $C = \frac{\gamma J}{4\mu} r_0^2$

Thay vào (4-12) ta được:

$$u = \frac{\gamma J}{4\mu} (r_0^2 - r^2) \quad (4-13)$$

Theo (4 – 13), ta thấy rằng sự phân bố lưu tốc trên mặt cắt của dòng chảy tầng tuân theo quy luật parabol: tại thành ống $u = 0$, tại tâm ống có lưu tốc lớn nhất u_{\max} bằng:

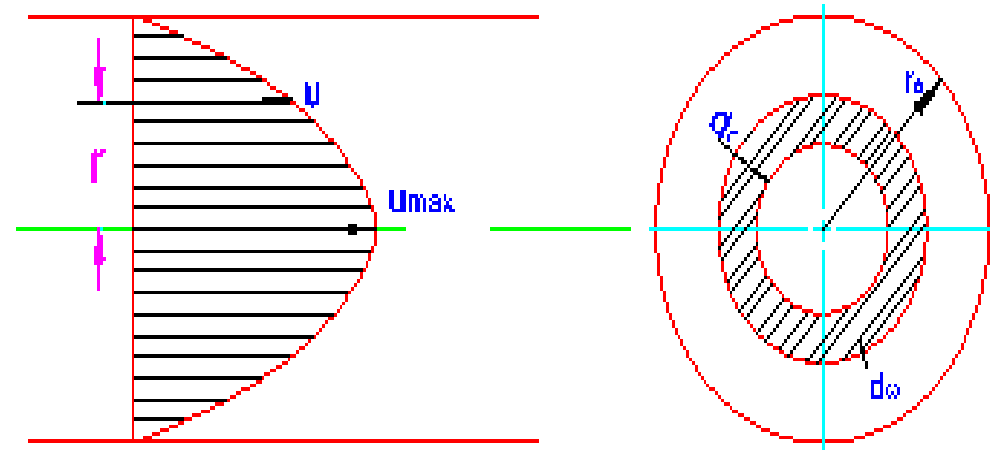
$$u_{\max} = \frac{\gamma J}{4\mu} r_0^2 = \frac{\gamma J}{16\mu} d^2 \quad (4 - 14)$$

Lưu tốc trung bình tính bằng:

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{\pi r_0^2 \frac{u_{\max}}{2}}{\pi r_0^2} = \frac{u_{\max}}{2} \quad (4 - 15)$$

Như vậy, trong chảy tầng, lưu tốc trung bình bằng nửa lưu tốc cực đại:

$$v = \frac{\gamma J}{8\mu} r_0^2 = \frac{\gamma J}{32\mu} d^2 \quad (4 - 15')$$



Hình 4-3

2. Tổn thất dọc đường trong dòng chảy tầng.

Từ công thức (4 – 15'), ta có $J = 32 \frac{\mu v}{\rho g d^2}$

Thay thế $J = \frac{h_d}{l}$ vào phương trình trên, ta có: $h_d = \frac{32 \mu l}{\rho g d^2} v = Av$ (4 – 16)

trong đó $A = \frac{32 \mu l}{\rho g d^2}$ không phụ thuộc vào v .

Công thức (4 – 16) nói rằng *trong dòng chảy tầng tổn thất cột nước dọc đường tỷ lệ bậc nhất với lưu tốc trung bình dòng chảy*. Trong thủy lực tổn thất cột nước thường được biểu thị theo cột nước lưu tốc $\frac{v^2}{2g}$; như sau:

$$h_d = \frac{32 \mu l}{\rho g d^2} v = \frac{32 \mu l}{\rho g d^2} \frac{v}{2} \frac{2}{v} v = \frac{64}{v} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

Hay
$$h_d = \frac{64}{Re} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (4 - 17) \text{ hoặc: } h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (4 - 18)$$

trong đó:
$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4 - 19)$$

λ gọi là *hệ số ma sát*. Công thức (4 – 17) được gọi là công thức Darcy.

3. Hệ số α trong ống chảy tầng:

Hệ số α trong ống chảy tầng có thể tính theo công thức:

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

- Khi biết quy luật phân bố lưu tốc u trên mặt cắt ướt và trị số lưu tốc trung bình mặt cắt v , tích phân công thức trên ta tìm được hệ số α .

Sau khi biến đổi ta được: $\alpha = 2$ (4 – 20)

- Thí nghiệm cho biết trong dòng chảy rối $\alpha = 1,05 \div 1,1$; như vậy trong dòng chảy tầng sự phân bố lưu tốc trên mặt cắt rất không đều so với sự phân bố trong dòng chảy rối.

§4.5 – Trạng thái chảy rối trong ống.

1. Các lưu tốc trong dòng chảy rối.

a) *Lưu tốc thực*: Là tốc độ chuyển động thực tế của phần tử chất lỏng.

b) *Lưu tốc trung bình*: dòng chảy trung bình thời gian.

c) *Lưu tốc mạch động*: Hiện tượng thay đổi lưu tốc không ngừng xung quanh một vị trí trung bình thời gian của lưu tốc là hiện tượng mạch động lưu tốc. Hiện tượng mạch động được giải thích bằng sự xáo trộn hỗn loạn của những phần tử chất lỏng. Hiệu số giữa lưu tốc tức thời và lưu tốc trung bình thời gian gọi là lưu tốc mạch động.

Nếu tính theo phương x , lưu tốc mạch động u_x tính bằng:

$$u_x' = u_x - \overline{u_x} \quad (4 - 21)$$

Lưu tốc mạch động có thể dương hoặc âm, nhưng trị số trung bình thời gian của lưu tốc mạch động bằng không: $\overline{u_x'} = 0$

Đi đôi với lưu tốc mạch động, động áp lực cũng có hiện tượng mạch động:

$$P = \overline{P} + P' \quad (4 - 22)$$

trong đó: P là động áp lực tức thời; \overline{P} là động áp lực trung bình thời gian; P' là mạch động áp lực, có thể âm hoặc dương.

d) Lưu tốc trung bình mặt cắt: là lưu tốc tương ứng với toàn mặt cắt ướt

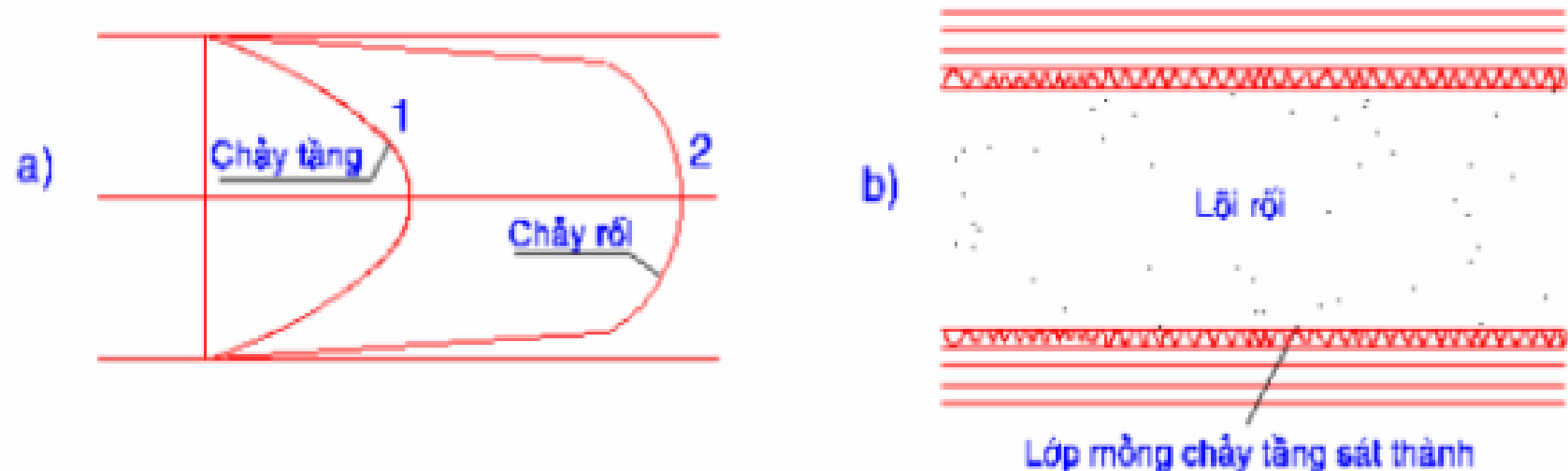
e) Động năng dòng chảy rối:

Như ta đã biết, trong phương trình Bechnuly, động năng của một đơn vị động lượng chất lỏng được biểu thị bởi số hạng $\frac{\alpha v^2}{2g}$; trong đó α là hệ số sửa chữa động năng.

Nếu trong chảy tầng, động năng được biểu thị bởi số hạng $\frac{\alpha v^2}{2g}$, trong đó α là hệ số sửa chữa động năng, chỉ tính đến sự phân phối không đều lưu tốc trên mặt cắt ướt, thì ở trường hợp dòng chảy rối động năng phải được biểu thị bởi số hạng $\frac{\alpha_c v^2}{2g}$, trong đó: $\alpha_c = \alpha + \alpha_b$

α_b là hệ số sửa chữa bổ sung có kể đến mạch động lưu tốc dọc các điểm trên mặt ướt. Trị số này chỉ tính khi độ rối lớn, điều này có thể xảy ra ở những nơi thí dụ ở sau những nơi mở rộng đột ngột.

2. Lớp mỏng chảy tầng; các thành nhám và trơn thủy lực.



Hình 4 – 4.

Ở càng gần sát thành, những chuyển động ngang của các phần tử càng vấp phải những ranh giới rắn, xu thế chảy thành tầng lớp không xáo lộn với nhau, do đó hình thành dòng chảy tầng trong một lớp rất mỏng (hình 4 – 4) gọi là *lớp mỏng chảy tầng*. Như vậy, *trong dòng chảy rối, không phải toàn bộ chất lỏng là chuyển động rối, mà ở sát thành bao giờ cũng có lớp mỏng chảy tầng*. Khu vực chảy rối được gọi là *lỗ rối* (hình 4 – 4).

3. Đoạn đầu của dòng chảy. Tầng biên giới.

- Ngay tại mặt cắt đầu tiên đồ phân bố lưu tốc là hình chữ nhật. Càng đi sâu trong ống các phần tử ở gần trục ống càng chuyển động nhanh, các phần tử ở gần thành rắn càng chuyển động chậm, do đó đồ phân bố lưu tốc thay đổi từ mặt cắt nọ sang mặt cắt kia. *Kể từ một mặt cắt nhất định, đồ phân bố lưu tốc mới trở thành không đổi dọc theo dòng chảy đều. Đoạn dài trên đó xảy ra sự quá độ của đồ phân bố lưu tốc từ hình chữ nhật sang dạng ổn định gọi là đoạn đầu dòng chảy (Hình 4 – 5).*

Đoạn đầu dòng chảy có độ dài bằng:

$$L_{đđ} = (25 \div 50)d \quad (4 - 23)$$

trong đó d là đường kính ống.

- Trong đoạn đầu này, có thể chia đồ phân bố làm hai khu vực: một vùng rất mỏng sát thành bao giờ cũng chảy tầng, gọi là *tầng biên giới chảy tầng*, vùng còn lại gọi là *tầng biên giới chảy rối*.

§4.6 – Công thức tổng quát Đácxy tính tổn thất cột nước h_d trong dòng chảy đều. Hệ số tổn thất dọc đường λ . Thí nghiệm Nicurátso.

1. Công thức tổng quát Đácxy.

- Xuất phát từ nguyên tắc đồng nhất về thứ nguyên; Tìm được:

$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (4 - 24)$$

trong đó λ là hệ số ma sát không thứ nguyên, xác định chủ yếu bằng thí nghiệm. Công thức (4 – 24) gọi là **công thức Đácxy**, tìm ra năm 1856.

- Đối với mặt cắt ướt không phải là hình tròn; ta có:

$$h_d = \lambda \frac{l}{4R} \frac{v^2}{2g} \quad (4 - 25)$$

- Hai công thức trên là tổng quát tính tổn thất cột nước dọc đường cho dòng chảy đều, dùng cho cả dòng chảy tầng lẫn dòng chảy rối.

2. Hệ số tổn thất dọc đường.

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\Delta}{d}\right) \quad (4 - 26)$$

Trong chảy tầng thì $\lambda_{\text{tầng}} = \frac{64}{\text{Re}}$; còn đối với chảy rối xác định bằng thí nghiệm:

3. Thí nghiệm Nicuratso.

Mục đích thí nghiệm Nicuratso là xác định cụ thể qui luật biến thiên của λ .

Nicuratso đã cho các ống có đường kính khác nhau một độ nhám xác định bằng cách bôi vào phía trong các thành ống một thứ sơn không thấm nước và đổ cho ống một loại cát đã được lựa chọn có độ thô xác định. Cát dính vào thành ống, Gọi Δ là đường kính trung bình của hạt cát, r_0 là bán kính của ống, Nicuratso có được những ống có độ nhám tương đối $\frac{\Delta}{r_0}$, độ nhám tuyệt đối Δ . Cho nước chảy qua ống với các lưu lượng khác nhau tức với các lưu tốc trung bình v khác nhau, đo mực giảm sút của cột nước đo áp h_d trên một đoạn dài xác định l , đoạn này không lấy phạm vi đoạn đầu dòng chảy $l_{\text{đđ}} = (25 \div 50)d$, rồi tính những trị số tương ứng của hệ số ma sát λ từ công thức Dácxy (4 - 29):

$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad \text{suy ra} \quad \lambda = \frac{h_d}{l} \frac{d \cdot 2g}{v^2}$$

§4.7 – Công thức Sedi. Công thức xác định những hệ số λ và C để tính tổn thất cột nước dọc đường của dòng chảy đều trong các ống và kênh hở.

1. Công thức Sedi.

Từ công thức Dácxy $h_d = \lambda \frac{l}{4R} \frac{v^2}{2g}$; Sau khi biến đổi, ta có: $v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{R} \sqrt{\frac{h_d}{l}}$

hay:
$$v = C \sqrt{RJ} \quad (4 - 27)$$

trong đó C là hệ số Sedi:
$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad (4 - 28)$$

Công thức (4 - 31) gọi là *công thức Sedi*, đơn vị là $\frac{\sqrt{m}}{s}$ và được xác định bằng thí nghiệm. Lưu lượng ta có $Q = v\omega$, nên ta viết được:

$$Q = \omega C \sqrt{RJ} \quad (4 - 29)$$

2. Những công thức xác định hệ số Đácxy λ .

a) *Trạng thái chảy tầng:*

$$\text{Đối với chảy tầng trong ống tròn: } \lambda = \frac{64}{Re} = \frac{A}{Re} \quad (4 - 30)$$

Khi các mặt cắt ngang ống không tròn. Theo Idobatso: mặt cắt hình vuông $A = 57$, tam giác đều $A = 53$, mặt cắt hình vành khăn và khe hở phẳng $A = 96$.

$$\text{Đối với mặt cắt không tròn } Re \text{ theo biểu thức: } Re = \frac{v \cdot d_{td}}{\nu}$$

trong đó: d_{td} gọi là đường kính tương đương.

Đối với mặt cắt hình vuông có cạnh a ta có $d_{td} = a$; hình tam giác đều $d_{td} = 0,58a$; hình vành khăn và khe hở phẳng có chiều rộng là a thì $d_{td} = 2a$.

$$\text{Đối với kênh hở: } \lambda = \frac{24}{Re} \quad (4 - 31)$$

b) Trạng thái chảy rối trong các thành tròn thủy lực:

Khi $Re \leq 100.000$, công thức Boladiut (1912):

$$\lambda_{\text{Prax}} = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (4 - 32)$$

Khi $Re > 100.000$, công thức Cônacôp:

$$\lambda_{\text{Prax}} = \frac{1}{(1,8 \lg Re_d - 1,5)^2} \quad (4 - 33)$$

Công thức (4 - 37) có thể tra phụ lục 2

Ngoài ra ta có thể áp dụng công thức Nicuratso:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{\text{Prax}}}} = 2 \lg \left(Re_d \sqrt{\lambda_{\text{Prax}}} \right) - 0,8 \quad (4 - 34)$$

thích hợp cho $Re = 5.000 \div 3.000.000$; có thể cả $Re > 3.000.000$.

c) Trạng thái chảy rối trong trong khu hoàn toàn nhám thủy lực, công thức Poranto - Nicurutso:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{nhám}}} = 2 \lg \frac{d}{\Delta} + 1,14 = 2 \lg \left(3,71 \frac{d}{\Delta} \right) \quad (4 - 35)$$

d) Khu vực thành nhám:

Có thể dùng công thức Antosun (1952):

$$\lambda = 0,1 \left(\frac{1,46\Delta}{d} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25} \quad (4 - 36)$$

hoặc
$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (4 - 36')$$

Δ tra theo bảng

Tên vật liệu làm ống	Δ (mm)
Ống thép mới	0,065 – 0,1
Ống thép dùng chưa cũ	0,01 – 0,015
Ống gang mới	0,25 – 1,0
Ống gang đã dùng	1,0 – 1,5

e) Công thức Còlobaríc(1939):
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta_{td}}{3,7d} + \frac{2,51}{Re_d \sqrt{\lambda}} \right) \quad (4 - 37)$$

trong đó Δ_{td} là độ nhám tương đương. Trị số Δ_{td} có thể tra phụ lục 3

3. Những công thức kinh nghiệm xác định hệ số Sedi C.

a) Công thức Manning (1890):
$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (\sqrt{m} / s) \quad (4 - 38)$$

trong đó: n là hệ số nhám, $n < 0,02$; R là bán kính thủy lực, $R < 0,5m$.

Công thức này cho những kết quả tốt đối với ống, kênh hở. Có bảng tra phụ lục 5.

b) Công thức Phoócơrâyne (1923):
$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{5}} \quad (4 - 39)$$

Công thức này thích hợp đối với các kênh đất trong trạng thái tốt với $n > 0,02$ (không có cỏ, sập lở, không có đá lớn).

c) Công thức Pavolópski (1925): $C = \frac{1}{n} R^y$ (4 - 40)

trong đó $y = f(n, R)$ là số mũ, phụ thuộc độ nhám và bán kính thủy lực.

Công thức này dùng cho cả ống tròn và kênh hở, với $R < 3 \div 5m$.

Hệ số nhám n có thể tra tìm ở **phụ lục 4**. Số mũ y được xác định theo công thức chính xác: $y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0.1)$ (4 - 41)

Trong thực tế Pavolópski thấy rằng có thể áp dụng công thức đơn giản:

$$y = 1,5\sqrt{n} \quad \text{khi } R < 1m; \quad y = 1,3\sqrt{n} \quad \text{khi } R > 1m$$

Các trị số tìm được của y thường nằm trong giới hạn $\frac{1}{4} \div \frac{1}{6}$, cũng có thể lấy ngoài giới hạn đó $\frac{1}{3}$ và $\frac{1}{7}$.

Hệ số Sedi tính theo công thức Pavolópski được tra **phụ lục 6**

d) Công thức Găngghilê – rút gọn (1869):
$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}} \quad (4 - 42)$$

trong đó n là hệ số nhám xác định theo bảng phụ lục 4

Công thức này dùng cho kênh đào. Một số chuyên gia cho rằng việc áp dụng công thức này đối với $R > 3m$ có cơ sở hơn là công thức Pavolôpski.

e) Công thức L.Agorôtskin (1949):
$$C = 17,72 (k + \lg R) \quad (4 - 43)$$

Trong đó k là thông số về độ nhám của kênh, k có quan hệ với n như sau:

$$k = \frac{1}{17,72n} = \frac{0,05643}{n} \quad (4 - 44)$$

Trị số của k, xem phụ lục 4.

§4.8 – Tổn thất cột nước cục bộ. Những đặc điểm chung.

- Nguyên nhân vật lý của sự tổn thất dọc đường là sức ma sát giữa các phần tử chất lỏng do tính nhớt và sự xáo lộn rối tạo nên.
- Sự tổn thất cột nước đặc biệt lớn ở những nơi mà dòng chảy thay đổi đột ngột về phương hướng, về dạng mặt cắt ướt... Tổn thất cột nước tại những nơi này gọi là *tổn thất cục bộ*, sức cản loại này gọi là *sức cản hình dạng*.

Công thức Vétstato:

$$h_c = \zeta_c \frac{v^2}{2g} \quad (4 - 45)$$

trong đó ζ_c hệ số tổn thất cục bộ, không phụ thuộc Re mà chỉ phụ thuộc vào dạng hình học của chỗ có tổn thất cục bộ.

1. Tổn thất cục bộ khi ống đột ngột mở rộng. Công thức Boóc – Đa.

Giả thử có dòng chất lỏng chảy trong đoạn ống có mặt cắt mở rộng đột ngột từ diện tích ω sang Ω (hình 4 – 6).

Vẽ hai mặt cắt (1 – 1) và (2 – 2) giới hạn khu ta xét. Dòng chảy tại mặt cắt (1 – 1) và (2 – 2) là đôi dần nên có thể viết phương trình Bécnuily:

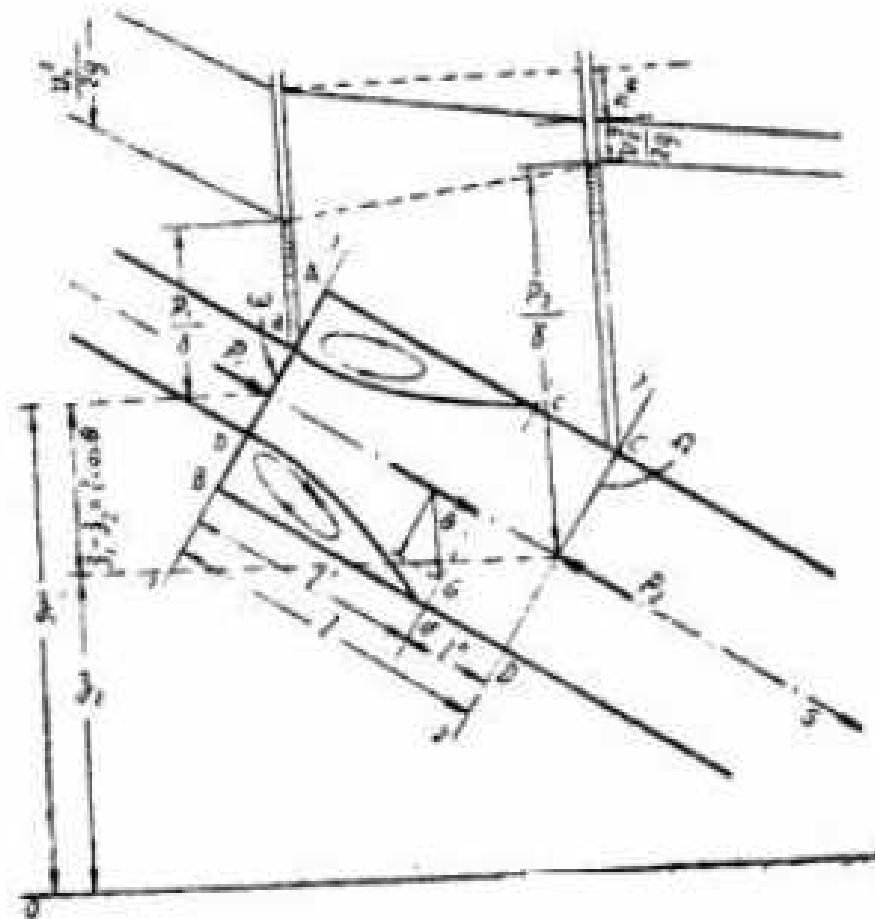
$$h_{d.m} = \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) \quad (4 - 46)$$

trong đó $h_{d.m}$ biểu thị tổn thất vì đột ngột mở rộng.

Viết phương trình động lượng theo phương s của trục ống:

$$F_s = \rho Q (\alpha_2 v_2 - \alpha_1 v_1)$$

F_s là hợp lực những hình chiếu lên trục ống của các ngoại lực tác dụng lên đoạn dòng ABCD.



Hình 4 – 6

Những ngoại lực đó gồm:

- ***Động áp lực:***

Ở mặt cắt 1 – 1: $P_1 = p_1 \Omega$; P_1 đặt theo phương s, có dấu dương

Ở mặt cắt 2 – 2: $P_2 = p_2 \Omega$; P_2 đặt ngược phương s, có dấu âm

- ***Trọng lực G của đoạn ABCD:*** chiếu lên phương s

$$G \cdot \cos\theta = \gamma \Omega l \cos\theta = \gamma \Omega (z_1 - z_2)$$

Như vậy: $F_s = P_1 - P_2 + G \cos\theta = (p_1 - p_2) \Omega + G \cos\theta$.

Sự biến thiên động lượng ΔK tính như sau:

+ Động lượng khối chất lỏng đi vào mặt kiểm tra là $\rho Q \alpha_{01} v_1$ mang dấu âm; góc chiếu lên phương s là 0, nên vẫn giữ dấu âm.

+ Động lượng khối chất lỏng đi ra mặt kiểm tra là $\rho Q \alpha_{02} v_2$ mang dấu dương; góc chiếu lên phương s là 0, nên vẫn giữ dấu dương.

Như vậy: $\Delta K = \rho Q \alpha_{02} v_2 - \rho Q \alpha_{01} v_1$ hay là: $\rho Q (\alpha_{02} v_2 - \alpha_{01} v_1) = (p_1 - p_2) \Omega + G \cos\theta$

Thay $Q = v_2 \Omega$ và thu gọn phương trình trên ta có:

$$\rho v_2 (\alpha_{02} v_2 - \alpha_{01} v_1) = p_1 - p_2 + \gamma (z_1 - z_2)$$

Thay trị số đó vào (4 – 46): $h_{d.m} = \frac{v_2 (\alpha_{02} v_2 - \alpha_{01} v_1)}{g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$

Thí nghiệm cho biết trị số của α_0 và α đều gần bằng nhau và gần bằng 1 nên có thể viết:

$$h_{đ.m} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (4 - 47)$$

Nếu gọi hiệu số $v_1 - v_2$ là "**độ hụt lưu tốc**" khi dòng chảy mở rộng đột ngột, ta có thể phát biểu kết quả trên như sau:

"Tổn thất cột nước cục bộ vì dòng chảy mở rộng đột ngột bằng cột nước của độ hụt lưu tốc". Định luật này gọi là định luật Boóc – Đa.

Công thức Boóc – Đa có thể viết theo cột nước lưu tốc trước chỗ mở rộng v_1 hoặc sau chỗ mở rộng v_2 :

$$h_{đ.m} = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 \cdot \frac{v_1^2}{2g} \quad \text{hoặc} \quad h_{đ.m} = \left(\frac{v_1}{v_2} - 1\right)^2 \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

Ứng dụng phương trình liên tục $v_1\omega = v_2\Omega$ hoặc $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\Omega}{\omega}$, ta có:

$$h_{đ.m} = \left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right)^2 \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

Viết dưới dạng tổng quát của tổn thất cột nước cục bộ (4 – 45), ta có:

$$h_{đ.m} = \zeta'_{đ.m} \cdot \frac{v_1^2}{2g} \quad \text{hoặc} \quad h_{đ.m} = \zeta''_{đ.m} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

trong đó có hệ số tổn thất cục bộ vì mở rộng đột ngột là:

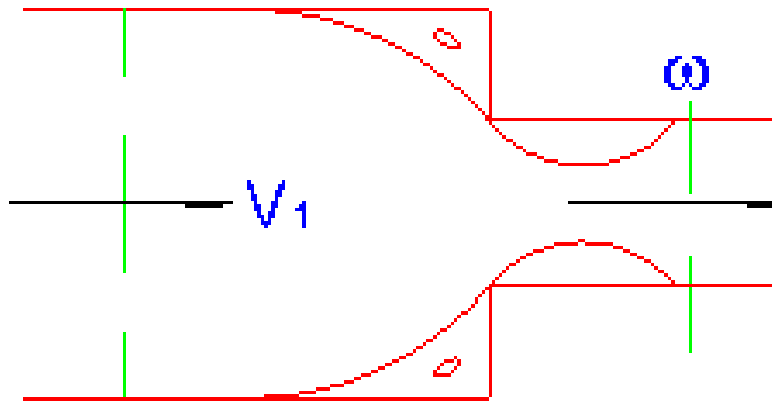
$$\zeta'_{đ.m} = \left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right)^2 \quad (4 - 48)$$

$$\zeta''_{đ.m} = \left(\frac{\Omega}{\omega} - 1\right)^2 \quad (4 - 49)$$

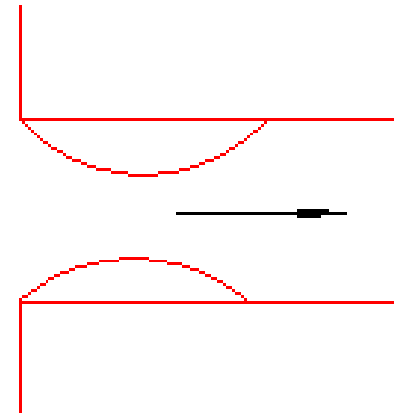
Công thức Boóc – Đa cũng dùng cho trường hợp lòng dẫn là kênh hở.

2. Một số dạng tổn thất cục bộ trong ống.

Các hệ số dưới đây dùng với lưu tốc tại mặt cắt đặt sau nơi có tổn thất cục bộ (theo chiều dòng chảy).



Hình 4-7



Hình 4-8

a) Thu hẹp đột ngột (hình 4-7)

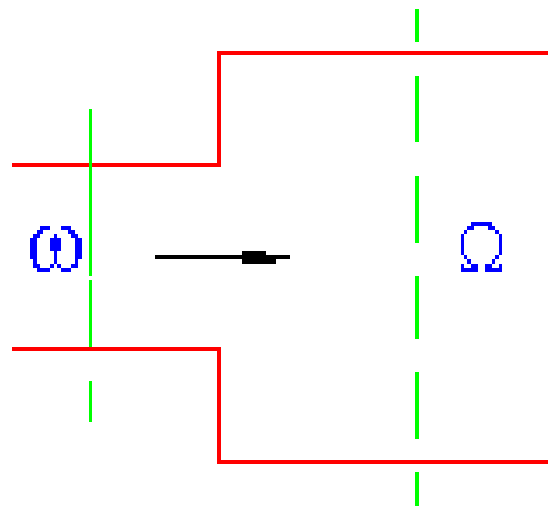
$$\zeta_{ch} = 0,5 \left(1 - \frac{\omega}{\Omega} \right)$$

b) Miệng vào ống

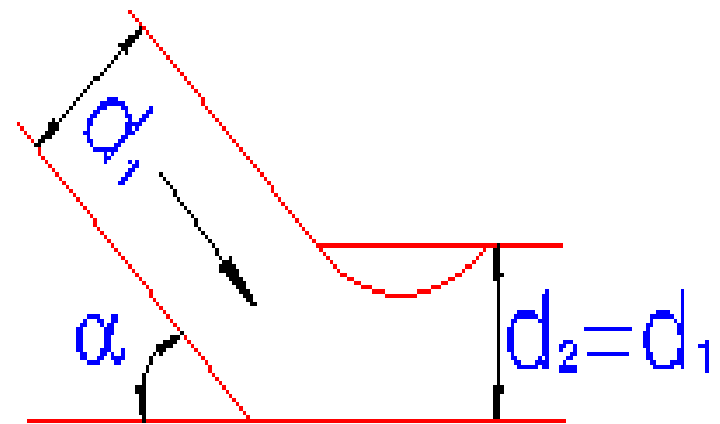
- Sắc mép (hình 4-10): $\zeta_{vào} = 0,50$
- Mép tròn, thuận : $\zeta_{vào} = 0,20$
- Mép vào rất thuận : $\zeta_{vào} = 0,05$

c) Miệng ra của ống (hình 4 – 9) (dòng với lưu tốc trước chỗ mở rộng):

$$\zeta_{ra} = \left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right)^2, \text{ nếu } \Omega \text{ khá lớn so với } \omega, \text{ thì } \zeta_{ra} = 1.$$



Hình 4 – 9



Hình 4 – 10

d) Nối ống tròn uốn cong.

- Uốn đột ngọt thành góc α (hình 4 - 10); quan hệ giữa ζ và α , khi $d_1 = d_2$ (đúng với $d < 50\text{mm}$).

α	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
ζ	0,2	0,3	0,4	0,55	0,70	0,90	1,10

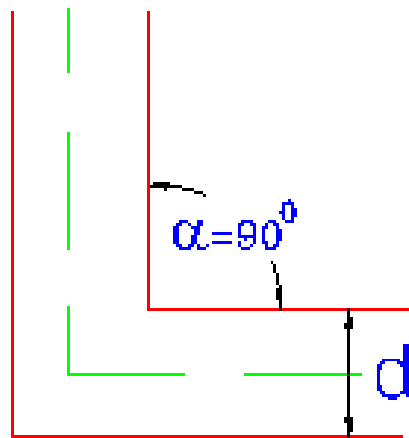
- Uốn đột ngọt thành góc $\alpha = 90^\circ$ (hình 4 - 13); quan hệ giữa ζ và d :

$d(\text{mm})$	0,20	0,25	0,34	0,39	0,49
ζ	1,70	1,30	1,10	1,00	0,83

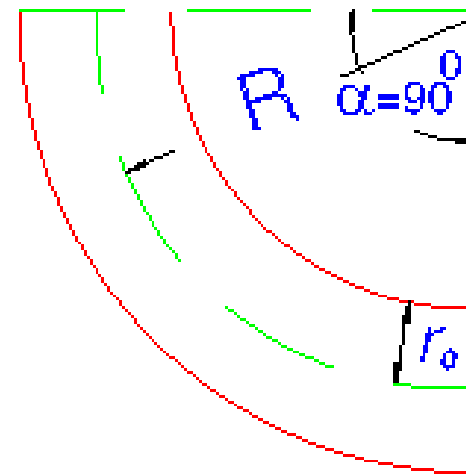
- Uốn dần dần thành góc $\alpha = 90^\circ$ (hình 4 - 14); $\zeta = f\left(\frac{r_0}{R}\right) = 0,13 + 1,85\left(\frac{r_0}{R}\right)^{3,5}$

trong đó: r_0 bán kính ống; R bán kính cong của trục ống. Trị số ζ cho trong bảng sau:

$\frac{r_0}{R}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ζ	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98



Hình 4 - 11



Hình 4 - 12

Nếu $\alpha \neq 90^\circ$ thì bảng trên vẫn đúng được bằng cách nhân ζ ở bảng đó với $\frac{\alpha}{90^\circ}$

e) Van một chiều ở ống hút của bơm, có kèm theo lưới chắn rác (hình 4 – 14).

Có thể dùng trị số ζ tùy theo đường kính d của ống hút như sau:

d (mm)	50	75	100	125	150	200	250	300	400
ζ	10	8	7	6,5	6	5	4,5	4	3

Nếu không có van một chiều mà chỉ có lưới: $\zeta = 5 \div 6$

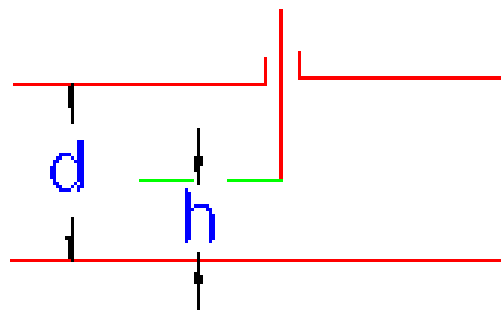
g) Khoá nước (hình 4 – 17): Hệ số ζ phụ thuộc góc α , cho bởi bảng sau đây:

α^0	5	10	20	30	40	50	60	70	80
ζ_c	0,05	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206	486	∞

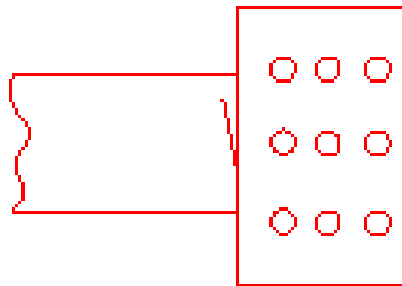
e) Cửa van phẳng trong ống tròn (hình 4 – 13).

$$\zeta = f\left(\frac{d-h}{d}\right)$$

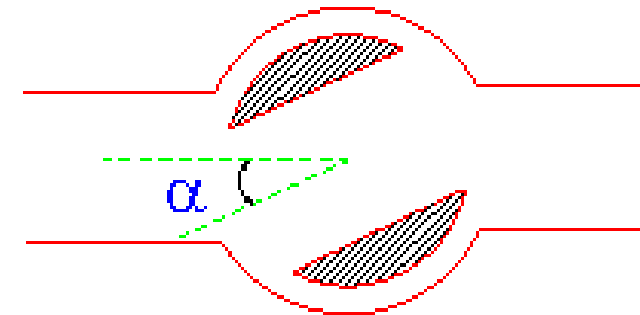
$\frac{d-h}{d}$	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8
ζ	0	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8



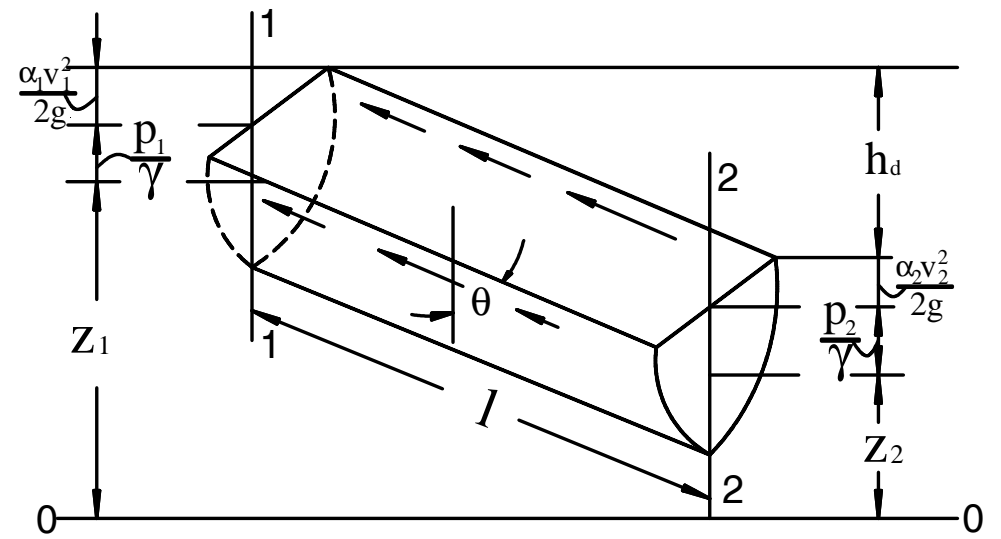
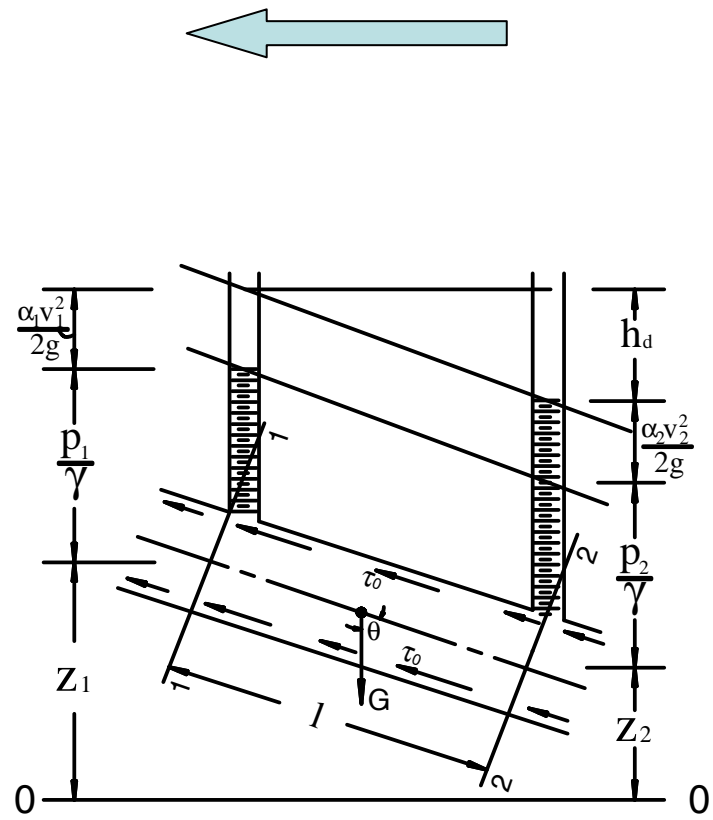
Hình 4 – 13



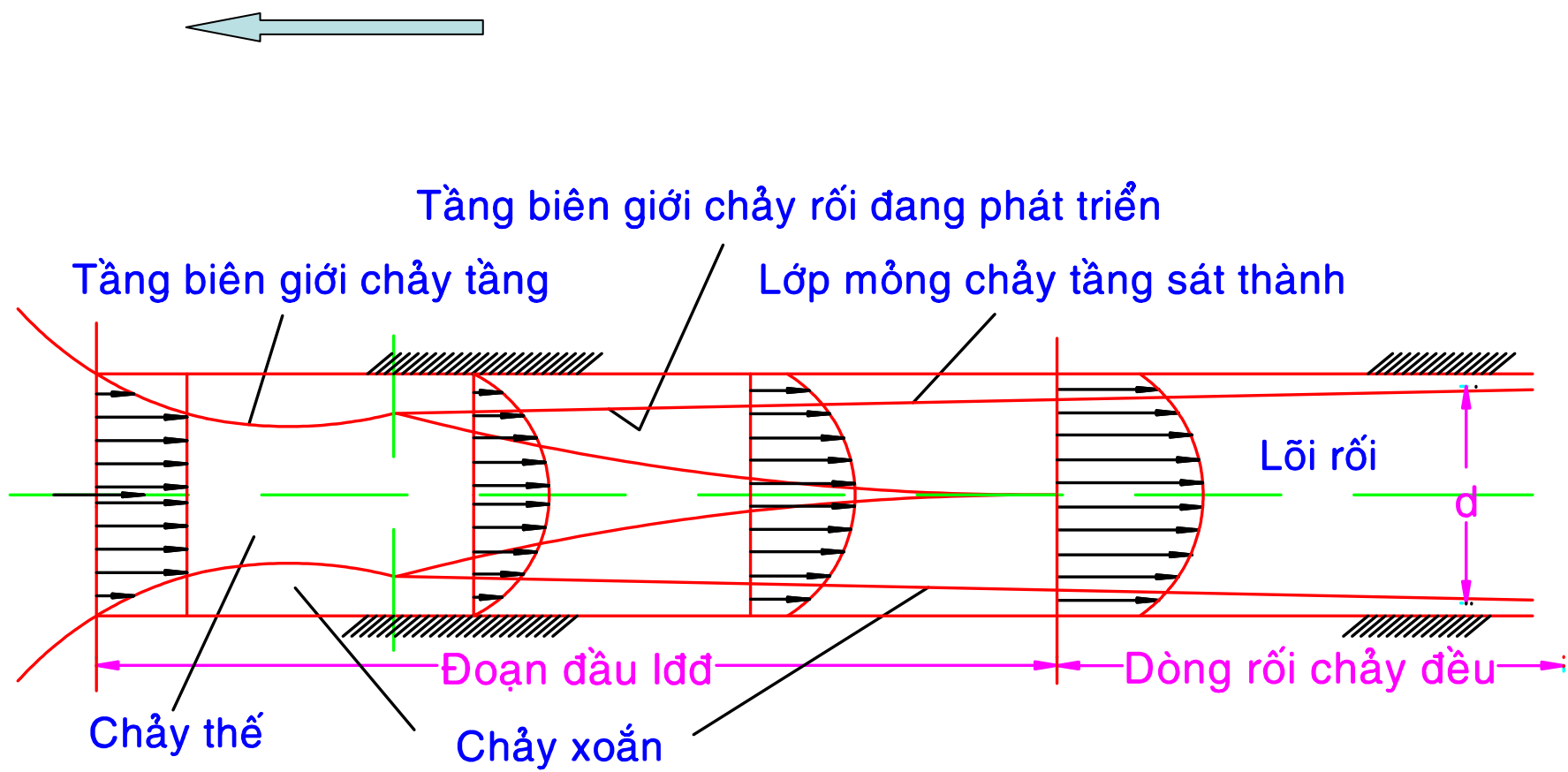
Hình 4 – 14



Hình 4 – 15



Hình 4-1



Hình 4 - 5

CHƯƠNG 5

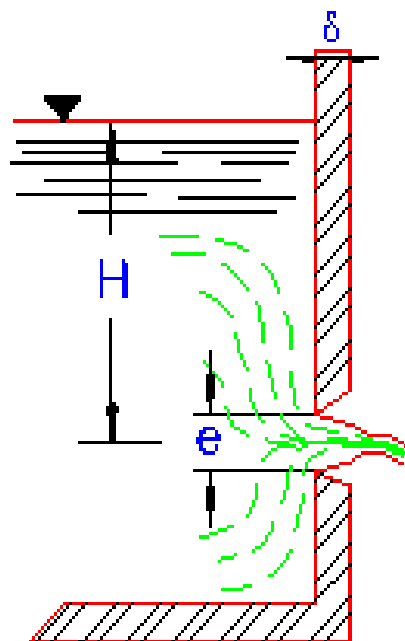
DÒNG CHẢY RA KHỎI LỖ VÀ VÒI DÒNG TIA

A – DÒNG CHẢY RA KHỎI LỖ VÀ VÒI

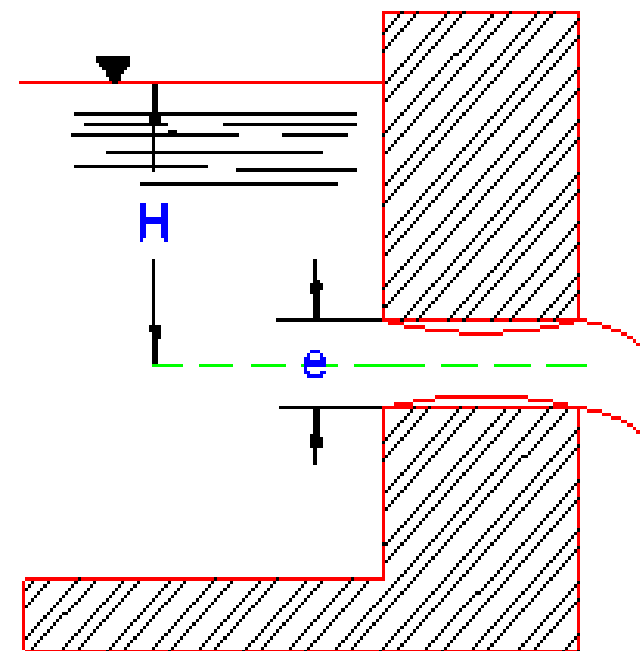
§5.1 – Khái niệm chung.

Dòng chất lỏng chảy qua lỗ gọi là *dòng chảy ra khỏi lỗ*; dòng chất lỏng chảy qua vòi là *dòng chảy ra khỏi vòi*.

Tổn thất cột nước hầu như hoàn toàn là tổn thất cục bộ.



a)



b)

Hình 5 – 1.

Phân loại lỗ như sau:

(1) Theo độ cao e của lỗ: lỗ nhỏ, lỗ to.

Nếu $e < \frac{H}{10}$ thì gọi là *lỗ nhỏ*.

Nếu $e \geq \frac{H}{10}$ thì gọi là *lỗ to*.

(2) Theo độ dày của thành lỗ, có thể phân ra lỗ thành mỏng và lỗ thành dày:

Lỗ có cạnh sắc, độ dày δ không ảnh hưởng đến hình dạng của dòng ra thì lỗ gọi là *lỗ thành mỏng*.

Nếu độ dày $\delta > (3 \div 4)e$, ảnh hưởng đến hình dạng dòng chảy ra khỏi lỗ thì loại này gọi là *lỗ thành dày*.

(3) Theo tình hình nối tiếp của dòng chảy ra, có thể chia thành:

Chảy tự do: dòng chảy ra khỏi lỗ tiếp xúc với không khí.

Chảy ngập: dòng chảy ra khỏi lỗ bị ngập dưới mặt chất lỏng.

Chảy nửa ngập: mặt chất lỏng tại phía ngoài lỗ nằm ở trong phạm vi độ cao lỗ.

§5.2 – Dòng chảy tự do, ổn định qua lỗ nhỏ thành mỏng.

Nếu H không đổi thì dòng chảy khỏi lỗ là một *dòng chảy ổn định*: lưu tốc, áp lực không thay đổi với thời gian.

Ngay trên mặt lỗ, các đường dòng không song song, nhưng cách xa lỗ một đoạn nhỏ các đường dòng trở thành song song với nhau, đồng thời mặt cắt ước của luồng chảy co hẹp lại, mặt cắt đó gọi là *mặt cắt co hẹp*.

Ta cần tìm công thức tính lưu lượng của lỗ.

Viết phương trình Bernoulli cho một điểm đặt tại mặt cắt 1 – 1 và điểm đặt tại trọng tâm C – C

$$H + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g} = 0 + \frac{p_a}{2g} + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + h_w \quad (5-1)$$

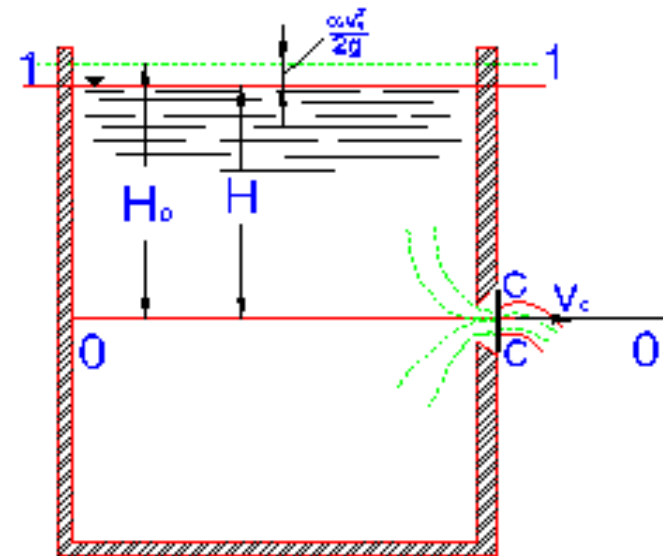
trong đó: H là cột nước kể từ trọng tâm của lỗ

v_0 là lưu tốc trung bình tại mặt cắt 1 – 1

v_c là lưu tốc trung bình tại mặt cắt C – C

h_w là tổn thất của dòng chảy đi từ 1 – 1 đến C – C, ở đây chủ yếu là tổn thất qua

$$\text{lỗ} \quad h_w = \zeta \frac{v_c^2}{2g}$$



Hình 5 – 2

Đặt $H_0 = H + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g}$ thì phương trình (5 - 1) viết thành: $H_0 = (\alpha_c + \zeta) \frac{v_c^2}{2g}$

Do đó lưu tốc trung bình tại mặt cắt co hẹp C - C là: $v_c = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \zeta}} \sqrt{2gH_0}$

hoặc

$$v_c = \varphi \sqrt{2gH_0} \quad (5 - 2)$$

Trong đó φ là *hệ số lưu tốc* của lỗ: $\varphi = \sqrt{\frac{1}{\alpha_c + \zeta}}$; Vì $\alpha_c \approx 1$,

nên $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}}$ (5 - 3)

Lưu lượng Q chảy qua lỗ là: $Q = v_c \omega_c = \varphi \omega_c \sqrt{2gH_0}$

Đặt ε là *hệ số co hẹp*, ta có: $\varepsilon = \frac{\omega_c}{\omega}$ (5 - 4)

Vậy lưu lượng là: $Q = \varphi \varepsilon \omega \sqrt{2gH_0} = \mu \omega \sqrt{2gH_0}$ (5 - 5)

trong đó $\mu = \varphi \cdot \varepsilon$ là *hệ số lưu lượng* của lỗ.

(1) Các loại co hẹp của dòng chảy ra khỏi lỗ:

- Lỗ co hẹp toàn bộ
- Lỗ co hẹp không toàn bộ

Theo Pavolópski, hệ số lưu lượng μ_c khi có co hẹp không toàn bộ tính theo công thức:

$$\mu_c = \mu \left(1 + 0,4 \frac{p}{\chi} \right) \quad (5 - 6)$$

trong đó μ là hệ số lưu lượng khi có co hẹp toàn bộ và đồng thời hoàn thiện, p là độ dài biên giới lỗ trong đó không có co hẹp, χ là toàn bộ chu vi lỗ.

Đối với lỗ tròn thành mỏng $d \geq 1\text{cm}$, với $Re = \frac{v_c d}{\nu} > 10^5$, $H \geq 2\text{m}$ (đối với nước)

chúng ta có những trị số sau đây:

$\zeta = 0,05 \div 0,06$; $\varepsilon = 0,63 \div 0,64$; $\varphi = 0,97 \div 0,98$; $\mu = 0,60 \div 0,62$, trung bình lấy $\mu = 0,61$. Những trị số này nên nhớ. Người ta thường dùng lỗ nhỏ, thành mỏng để đo lưu lượng.

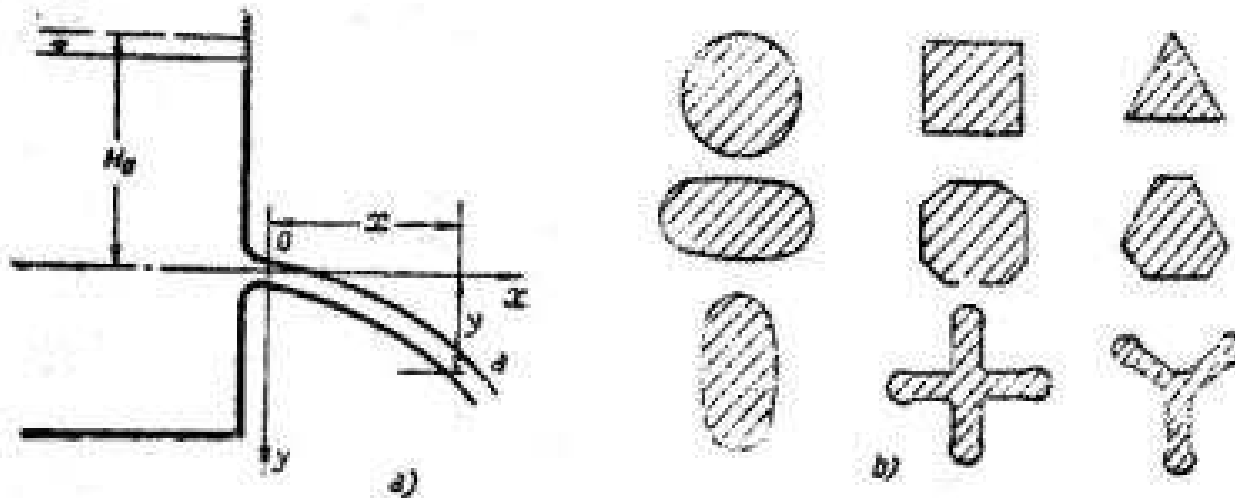
(2) Hình dạng của dòng chảy tự do ra khỏi lỗ:

Phương trình của quỹ đạo chuyển động có dạng:	\longrightarrow	$\left. \begin{aligned} x &= v_c t \\ y &= \frac{1}{2} g t^2 \end{aligned} \right\} \quad (5 - 7)$
--	-------------------	--

trong đó: $v_c = \varphi \sqrt{2gH_0}$, t là thời gian cần để phần tử chất lỏng đi tới điểm (x,y);
 loại t ở hệ (5 - 7), ta có:

$$x^2 = 4\varphi^2 H_0 y. \quad (5 - 8)$$

Đối với lỗ tròn nhỏ khi $\varphi = 0,97$ thì: $x^2 = 3,76.H_0.y$ (5 - 9)



Hình 5 - 3

§5.3 – Dòng chảy ngập, ổn định qua lỗ thành mỏng.

Cột nước tác dụng bằng hiệu số cột nước ở thượng lưu với hạ lưu. Do đó, đối với dòng chảy ngập không cần biết lỗ to, lỗ nhỏ.

Phương trình Bécnuily viết cho mặt cắt ướt 1 – 1 và 2 – 2 (mặt chuẩn 0 – 0) là:

$$h_1 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = h_2 + \frac{p_a}{\gamma} + h_w \quad (5 - 10)$$

trong đó: $\frac{\alpha v_0^2}{2g}$ là cột nước lưu tốc tiến gần, h_w là tổng số tổn thất cột nước khi chất lỏng qua lỗ, tính theo lưu tốc v_c tại mặt cắt co hẹp C – C và hệ số sức cản $\Sigma\zeta$:

$$h_w = \sum \zeta \frac{v_c^2}{2g}$$

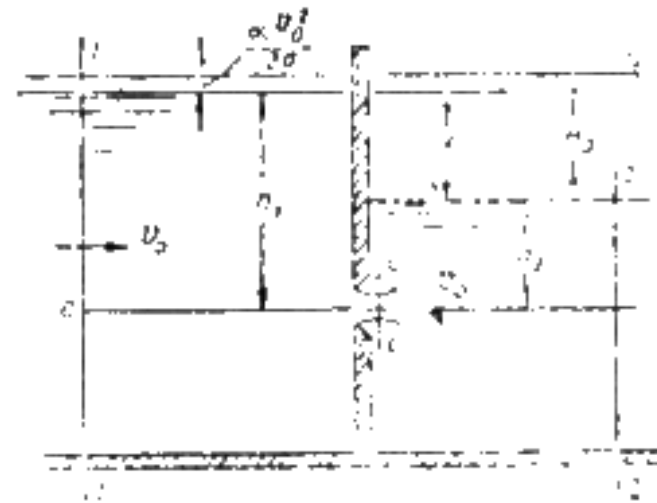
Sau khi thu gọn, ta có:

$$h_1 - h_2 + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = \sum \zeta \frac{v_c^2}{2g}$$

$$\text{hoặc: } H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = H_0 = \sum \zeta \frac{v_c^2}{2g}$$

trong đó H là hiệu số cột nước của thượng và hạ lưu, $H = h_1 - h_2$; do đó:

$$v_c = \frac{1}{\sqrt{\sum \zeta}} \sqrt{2gH_0}$$



Hình 5 – 4

Đặt: $\frac{1}{\sum \zeta} = \varphi$ thì được: $v_c = \varphi \sqrt{2gH_0}$; Cũng như ở trên, hệ số co hẹp là $\varepsilon = \frac{v_c}{\omega}$

Vậy lưu lượng qua lỗ bị ngập là:

$$Q = \omega_c v_c = \varepsilon \omega \varphi \sqrt{2gH_0}$$

Hoặc $Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}$ (5 - 11)

trong đó: μ là hệ số lưu lượng của lỗ bị ngập, $\mu = \varepsilon \varphi$

Tổn thất cột nước h_w bao gồm tổn thất khi qua lỗ $\zeta \frac{v_c^2}{2g}$ và tổn thất vì đột nhiên mở rộng do chỗ dòng chất lỏng từ mặt cắt co hẹp chảy vào bể nước ở hạ lưu $\frac{(v_c - v_2)^2}{2g}$; vì $v_2 \approx 0$, nên tổn thất đột nhiên mở rộng còn bằng $\frac{v_c^2}{2g}$.

Vậy: $h_w = \sum \zeta \frac{v_c^2}{2g} = (\zeta + 1) \frac{v_c^2}{2g}$ (5 - 12)

Do đó hệ số lưu tốc bằng: $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta}}$ (5 - 13)

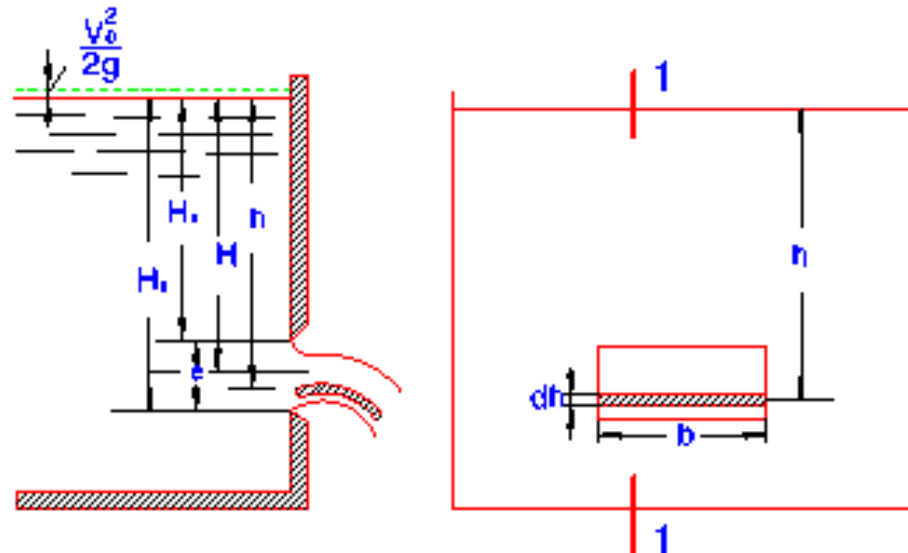
§5.4 – Dòng chảy tự do, ổn định qua lỗ to thành mỏng.

Ở lỗ to, cột nước tại bộ phận trên và bộ phận dưới của lỗ có trị số khác nhau lớn. Ta phân chia mặt cắt ướt của lỗ to thành nhiều giải nằm ngang, cao dh , ở đó dòng chảy qua những giải vi phân ấy được coi là dòng chảy qua lỗ nhỏ và như vậy lỗ to là do nhiều lỗ nhỏ hợp lại.

Ta nghiên cứu một thí dụ: đó là trường hợp lỗ to hình chữ nhật:

$$dQ = \mu' \sqrt{2gh} (bdh) \quad (5 - 14)$$

Lưu lượng qua lỗ to: $Q = b \int_{H_{01}}^{H_{02}} \mu' \sqrt{2gh} dh$ hoặc: $Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} (H_{02}^{3/2} - H_{01}^{3/2}) \quad (5 - 15)$



Hình 5 – 5

Gọi H_0 là cột nước của trọng tâm lỗ to, vậy:

$$H_{o2} = H_o + \frac{e}{2} = H_o \left(1 + \frac{e}{2H_o}\right) \quad \text{và} \quad H_{o1} = H_o - \frac{e}{2} = H_o \left(1 - \frac{e}{2H_o}\right)$$

trong đó e là độ cao của lỗ.

$$\text{Khai triển được: } Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0} \left[1 - \frac{1}{96} \left(\frac{e}{H_0} \right)^2 \right] \quad (5 - 16)$$

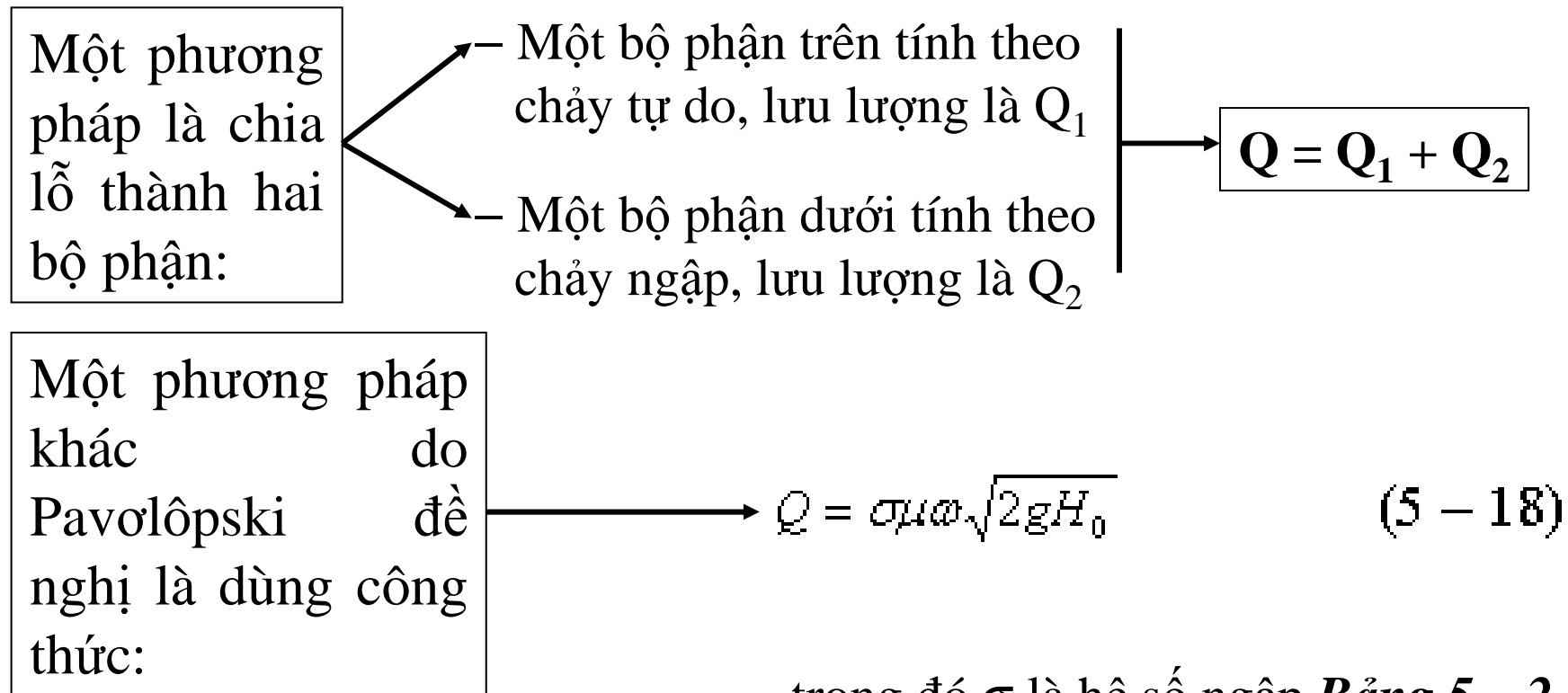
trong đó ω là diện tích lỗ to..

Vì lượng $\frac{1}{96} \left(\frac{e}{H_0} \right)^2$ rất nhỏ so với 1 nên có thể bỏ đi. Vậy công thức lưu lượng chảy tự do qua lỗ to thành mỏng hình chữ nhật là: $Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}$ (5 - 17)

Thí nghiệm của Pavolôpski cho những trị số μ ứng dụng vào lỗ to (bảng 5 - 1).

§5.5 – Dòng chảy nửa ngập, ổn định qua lỗ to thành mỏng.

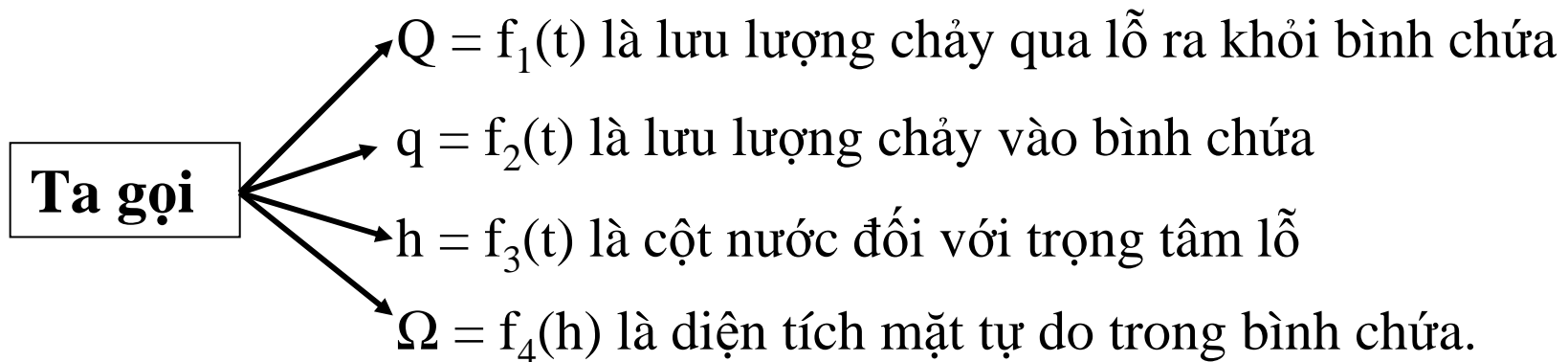
Vấn đề này chưa được nghiên cứu đầy đủ. Trong các sách tham khảo có hai loại phương pháp tính lưu lượng chảy qua lỗ nửa ngập:



trong đó σ là hệ số ngập **Bảng 5 – 2**

§5.6 – Dòng chảy không ổn định qua lỗ nhỏ thành mỏng.

Khi dòng chảy qua lỗ mà mặt chất lỏng thay đổi trong bình chứa thì sinh ra dòng chảy không ổn định.



Lưu lượng chảy qua lỗ tính được theo: $Q = \mu \omega \sqrt{2gh_0}$

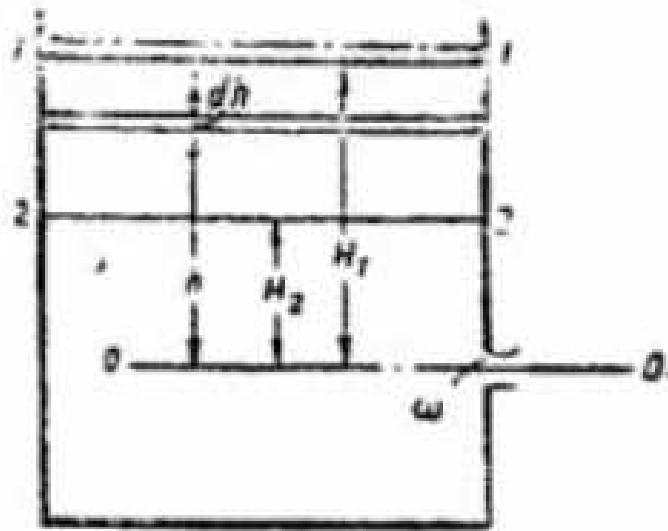
Trong thời đoạn dt , thể tích chất lỏng chảy ra khỏi bình chứa $Q \cdot dt$, thể tích chảy vào bình chứa là $q \cdot dt$ và thể tích tăng lên hoặc giảm đi là Ωdh .

Ta qui ước lưu lượng chảy vào bình chứa là số dương ($q > 0$) và chảy ra khỏi bình là số âm ($Q < 0$). Sự biến thiên thể tích của bình chứa trong giai đoạn đang xét:

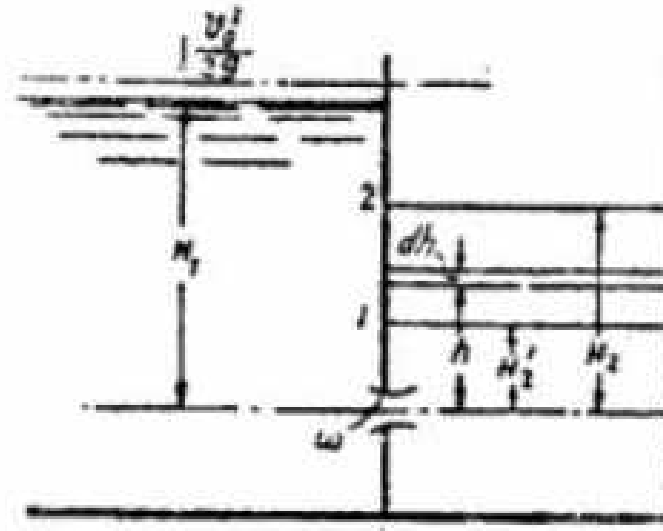
$$qdt - Qdt = \Omega dh \quad \text{hay} \quad dt = \frac{\Omega dh}{q - Q} \quad (5 - 19)$$

Ta xét ba trường hợp sau đây:

(1) Mặt nước thượng lưu biến đổi, dòng chảy tự do qua lỗ nhỏ.



Hình 5 – 6



Hình 5 – 7

Tính thời gian T_{1-2} cần thiết để mực nước trong bình từ vị trí 1 – 1 đến vị trí 2 – 2 (hình 5 – 6).

Bài toán này có thể giải được trong trường hợp $q \neq 0$. Tuy nhiên để giản đơn việc trình bày, ta giả thiết rằng $q = 0$.

Ta có thể viết lại phương trình (5 – 19) như sau:

$$dt = \frac{\Omega dh}{-\mu \omega \sqrt{2gh_0}} \quad (5 - 20)$$

Tích phân phương trình (5 – 20), từ $h_0 = H_{01}$ đến $h_0 = H_{02}$, ta tính ra được thời gian T_{1-2} :

$$T_{1-2} = \int_{H_{01}}^{H_{02}} \frac{\Omega dh}{-\mu\omega\sqrt{2gh_0}}$$

Để đơn giản việc tính toán, giả thiết rằng $\Omega = \text{const}$, không tính lưu tốc tiến gần v_0 ($v_0 \approx 0$), tức là coi $h_0 \approx h$, ta đạt được kết quả sau đây:

$$T_{1-2} = \frac{\Omega}{-\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dh}{\sqrt{h}} = \frac{2\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right) \quad (5 - 21)$$

Nếu $H_2 = 0$ thì công thức (5 – 22) thành:

$$T_{1-2} = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2g}} \quad (5 - 22)$$

hay

$$T_{1-2} = \frac{2\Omega H_1}{\mu\omega\sqrt{2gH_1}} = \frac{2.V}{Q} \quad (5 - 22')$$

Có thể kết luận rằng: khi cột nước thay đổi, thời gian cân tháo cạn bình chứa có tiết diện hình trụ bằng hai lần thời gian cần thiết để tháo ra một thể tích tương đương nhưng dưới tác dụng của cột nước không đổi.

(2) Mặt nước thượng lưu không đổi, mặt nước hạ lưu thay đổi (hình 5 – 7).

Tính thời gian T_{1-2} cần thiết để mực nước ở hạ lưu dâng từ vị trí 1 – 1 đến vị trí 2 – 2. Viết lại phương trình (5 – 19):

$$Q = 0, \quad q = \mu\omega\sqrt{2g(H_1 - h)} \quad \text{Do đó: } dt = \frac{\Omega dh}{\mu\omega\sqrt{2g(H_1 - h)}} \quad (5 - 23)$$

Tích phân (5 – 24) từ $h = H_2'$ đến $h = H_2$, ta có được thời gian T_{1-2} phải tìm:

$$T_{1-2} = \int_{H_2'}^{H_2} \frac{\Omega dh}{\mu\omega\sqrt{2g(H_1 - h)}} \quad (5 - 24)$$

Để đơn giản việc trình bày, giả thiết $\Omega = \text{const}$, ta có:

$$T_{1-2} = \frac{\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{H_2'}^{H_2} \frac{dh}{\sqrt{H_1 - h}} = \frac{\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} \int_{H_2'}^{H_2} \frac{d(H_1 - h)}{\sqrt{H_1 - h}} = \frac{2\Omega}{\mu\omega\sqrt{2g}} \left(\sqrt{H_1 - H_2'} - \sqrt{H_1 - H_2} \right)$$

Giả thiết lúc bắt đầu tháo nước vào, hạ lưu $H_2' = 0$, và ta để cho $H_2 = H_1$, thì thời gian cần thiết cho đầy bình chứa hạ lưu bằng:

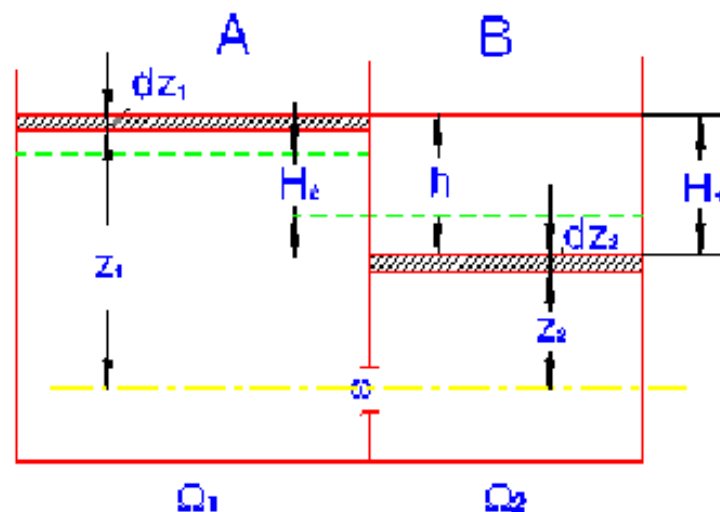
$$T_{1-2} = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2g}} = \frac{2\Omega H_1}{\mu\omega\sqrt{2gH_1}} \quad (5 - 25)$$

So sánh (5 – 25) và (5 – 22'), ta thấy rằng cùng ở điều kiện H_1 và Ω như nhau, thời gian cần để tháo cạn và chảy đầy bình chứa hoàn toàn giống nhau.

(3) Mặt nước thượng và hạ lưu đều thay đổi (hình 5 – 8).

Khi nước chảy qua lỗ thì mặt tự do ở A hạ xuống và mặt tự do ở B tăng lên, do đó độ chênh cột nước $z_1 - z_2 = h$ tác dụng vào lỗ cũng giảm dần cho đến khi mực nước ở hai bình chứa cao bằng nhau, thì chất lỏng không chảy qua lỗ nữa.

Ta tìm thời gian T_{1-2} cần thiết để cho mực nước ở A và B ngang nhau.



Hình 5 – 8

Đối với bình B, chỉ có lưu lượng vào tức $q \neq 0$, không có lưu lượng ra tức $Q = 0$):

$$dt = \frac{\Omega_2 dz_2}{\mu \omega \sqrt{2g(z_1 - z_2)}} \quad (5 - 26)$$

Vì $h = z_1 - z_2$ công thức (5 – 27) viết thành: $dt = \frac{\Omega_2 dz_2}{\mu \omega \sqrt{2gh}}$ (5 – 27)

Thể tích chất lỏng bớt đi ở bình A bằng thể tích chất lỏng tăng lên ở bình B, trong cùng một thời gian:

$$- \Omega_1 dz_1 = \Omega_2 dz_2 \quad (5 - 28)$$

Như vậy: $-dz_1 = \frac{\Omega_2}{\Omega_1} dz_2$ (5 - 29)

Ta lại có: $dh = dz_1 - dz_2 = \left(\frac{\Omega_2}{\Omega_1} - 1 \right) dz_2 = -\frac{\Omega_1 + \Omega_2}{\Omega_1} dz_2 \longrightarrow dz_2 = -\frac{\Omega_1}{\Omega_1 + \Omega_2} dh$

Thay trị số dz_2 trên vào (5 - 27) ta được: $dt = -\frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{dh}{\mu \omega \sqrt{2gh}}$

Giả thiết $\Omega_1 = \text{const}$, $\Omega_2 = \text{const}$, như vậy có thể tích phân (khi $t = t_1$, $h = H_1$ và khi $t = t_2$, $h = H_2$)

$$T_{1-2} = \int_{t_1}^{t_2} dt = -\frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{1}{\mu \omega \sqrt{2g}} \int_{H_1}^{H_2} \frac{dh}{\sqrt{h}} \longrightarrow T_{1-2} = \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{1}{\mu \omega \sqrt{2g}} 2 \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right)$$

Nếu $t = t_2$ mà $H_2 = 0$ tức là mực nước hai bình ngang nhau thì:

$$T_{1-2} = \frac{2\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} \frac{\sqrt{H_1}}{\mu \omega \sqrt{2g}} \quad (5 - 30)$$

Nếu tiết diện của một bình rất nhỏ so với bình kia thì công thức (5 - 30) trở thành:

$$T_{1-2} = \frac{2\Omega \sqrt{H}}{\mu \omega \sqrt{2g}}$$

§5.7 – Dòng chảy qua vòi.

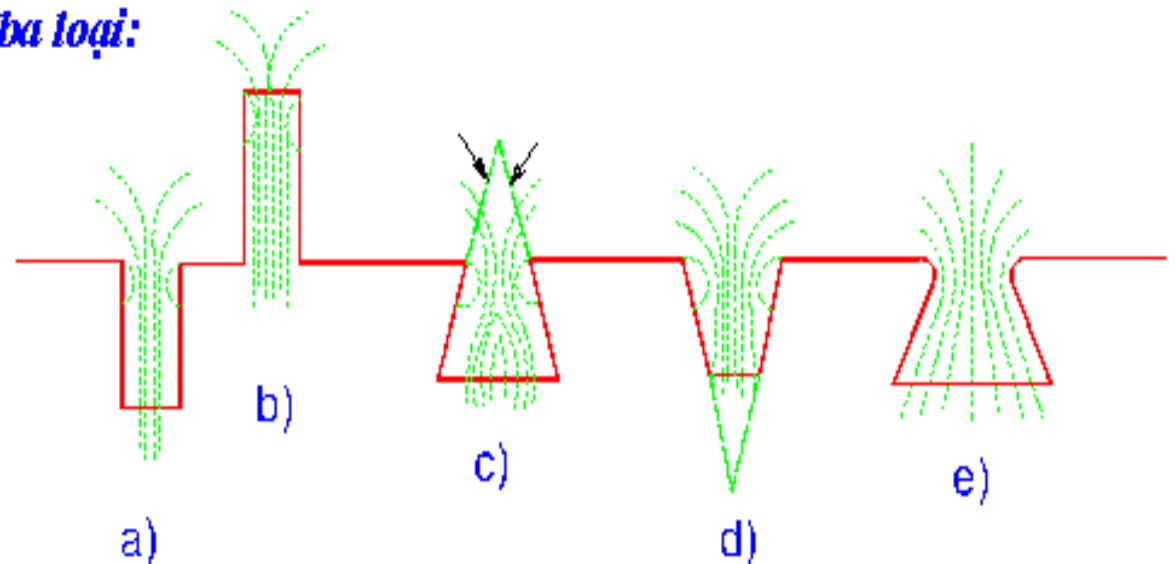
- Vòi là một đoạn ống ngắn, gắn vào lỗ thành mỏng, có độ dài khoảng vài lần đường kính lỗ
- Chất lỏng chảy qua vòi thường sinh ra co hẹp ở chỗ vào vòi, sau đó mở rộng ra và chảy đầy vòi, tại chỗ co hẹp và mặt thành vòi là một khu nước xoáy, áp lực nhỏ hơn áp lực không khí nên ở đó hình thành chân không.
- Vì trong vòi có sinh ra chân không nên lưu lượng của vòi thông thường lớn hơn lưu lượng qua lỗ; đó là đặc tính cơ bản của vòi; chú ý rằng vòi chỉ có đặc tính trên, khi chất lỏng chảy đầy vòi.

Người ta thường phân loại vòi làm ba loại:

(1) Vòi hình trụ tròn: (hình 5 – 9a,b).

(2) Vòi hình nón: (hình 5 – 9c,d).

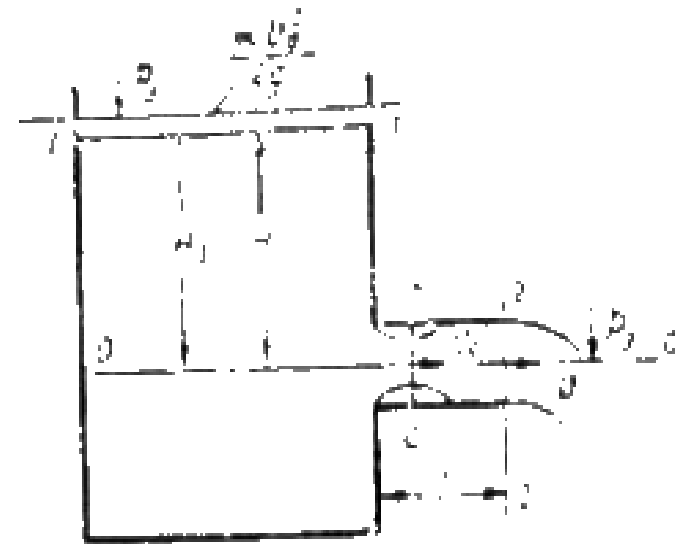
(3) Vòi đường dòng (hình 5 – 9e)



Hình 5 – 9

Vòi hình trụ tròn gắn ngoài (hình 5 – 10), còn gọi là vòi Venturi là một ống thẳng hình trụ tròn, dài $l = (3 \div 4)d$, d là đường kính vòi.

Viết phương trình Bernoulli cho một điểm ở 1 – 1 và một điểm trọng tâm 2 – 2:



Hình 5 – 10

$$H + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} + h_w \quad (5 - 32)$$

trong đó v là lưu tốc trung bình tại mặt cắt 2 – 2; đặt $H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$; ta có:

$$H_0 = \frac{\alpha_2 v^2}{2g} + h_w;$$

trong đó: $h_w = \zeta_1 \frac{v_c^2}{2g} + \zeta_2 \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (5 - 33)$

Ta biết rằng: $\zeta_2 = \left(\frac{\omega}{\omega_c} - 1\right)^2 = \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2$; ε là hệ số co hẹp, $v_c = \frac{v}{\varepsilon}$. Thay các trị số

trên vào (5 – 34), ta có:

$$h_w = \left[\frac{\zeta_1}{\varepsilon^2} + \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \lambda \frac{l}{d} \right] \frac{v^2}{2g} \quad \text{do đó: } H_0 = \left[\alpha_2 + \frac{\zeta_1}{\varepsilon^2} + \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \lambda \frac{l}{d} \right] \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{tức: } v = \frac{1}{\sqrt{\alpha_2 + \frac{\zeta_1}{\varepsilon^2} + \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \lambda \frac{l}{d}}} \sqrt{2gH_0}$$

$$\text{lấy } \alpha_2 = 1 \text{ và đặt: } \varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha_2 + \frac{\zeta_1}{\varepsilon^2} + \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \lambda \frac{l}{d}}} \quad (5 - 34)$$

$$\text{Thì } v = \varphi \sqrt{2gH_0} \quad (5 - 35)$$

Công thức lưu lượng viết dưới dạng:

$$Q = v\omega = \varphi\omega\sqrt{2gH_0} = \mu\omega\sqrt{2gH_0} \quad (5 - 36)$$

Dòng chảy ra khỏi vòi, tại nơi ra không có hiện tượng co hẹp, vì thế hệ số co hẹp tại lỗ ra của vòi bằng 1: như vậy hệ số lưu tốc φ và hệ số lưu lượng μ của vòi bằng nhau.

Khi độ dài l tăng thì $\lambda \frac{l}{d}$ cũng tăng, làm μ giảm và ngược lại. Nhưng l phải ngắn có giới hạn vì điều kiện làm việc của vòi là khu vực chân không không bị phá hoại: nếu vòi quá ngắn thì dòng chảy trở thành qua lỗ, μ cũng giảm. Người ta nghiên cứu ra rằng **μ lớn nhất khi độ dài $l = (3 \div 4)d$** . Ống ngắn như vậy gọi là vòi.

Theo tài liệu về chảy qua vòi $\zeta = 0,06$; $\varepsilon = 0,64$; lấy $\frac{l}{d} = 3$ và $\lambda = 0,02$ thì theo (5 – 34) tính ra **$\varphi = \mu = 0,82$; Như vậy $\mu_{\text{vòi}} = 1,34\mu_{\text{lỗ}}$** .

Nếu lấy $\zeta = 0,06$; $\varepsilon = 0,64$ và $\lambda = 0,02$; $\alpha_2 = 1$, thì muốn cho $\varphi = \mu = 0,61$ ta phải có $\frac{l}{d} \approx 55$. Vậy lưu lượng qua một ống **dài bằng 55 lần đường kính ống** vẫn bằng lưu lượng qua lỗ. Nếu ống ngắn hơn thì lưu lượng lớn hơn.

Tính trị số chân không trong vòi. Ta lấy mặt cắt 1 – 1 và c – c rồi viết phương trình Bernouly:

$$H + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = \frac{p_c}{\gamma} + \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + h'_w \quad (5 - 37)$$

h'_w là tổn thất cột nước từ 1 – 1 đến c – c tức là tổn thất qua lỗ $\zeta_1 \frac{v_c^2}{2g}$; gọi

$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$ và $\frac{v}{\varepsilon} = v_c$; đồng thời lấy $\alpha_c = 1$; thay cả vào (5 – 37), ta có:

$$\frac{p_a - p_c}{\gamma} = \left(\frac{1}{\varepsilon^2} + \zeta_1 \right) \frac{v^2}{2g} - H_0$$

Gọi $h_{c.k}$ là độ cao chân không và từ (3 – 35) rút ra: $\frac{v^2}{2g} = \varphi^2 H_0$, ta thay vào biểu

thức trên: $h_{ck} = \frac{p_a - p_c}{\gamma} = \left[(1 + \zeta_1) \left(\frac{\varphi}{\varepsilon} \right)^2 - 1 \right] H_0$

Với $\zeta_1 = 0,06$; $\varepsilon = 0,64$; $\varphi = \mu = 0,82$; ta có: **$h_{c.k} = 0,75H_0$** (5 – 38)

Để thấy rõ thêm tác dụng của chân không; sau khi biến đổi ta có:

$$Q = v_c \omega_c = v_c \varepsilon \omega_0 = \varepsilon \varphi_0 \omega_0 \sqrt{2g(H_0 + h_{ck})} = \mu_0 \omega_0 \sqrt{2g(H_0 + h_{ck})} \quad (5 - 39)$$

Rõ ràng là $Q_{\text{vòi}} > Q_{\text{lỗ}}$ do tác dụng chân không.

Nếu tăng H_0 thì h_{ck} tăng lên; do đó lưu lượng cũng tăng lên; **nhưng ta không thể tùy tiện tăng H_0 được vì trị số chân không có giới hạn**, nếu chân không trong vòi quá lớn, tức là áp suất tuyệt đối ở khu chân không quá nhỏ, thì có khả năng không khí bên ngoài chui qua lỗ ra của vòi mà đi vào khu chân không và phá hoại chân không. **Muốn vòi làm việc được thì trị số chân không trong vòi không được lớn hơn trị số chân không giới hạn, tính bằng 7m**; theo (5 – 38) thì cột nước có tác dụng của vòi H_0 không được lớn hơn giới hạn:

$$H_{0gk} = \frac{7}{0,75} = 9m$$

Do đó hai điều kiện đầy đủ cho vòi hình trụ tròn gắn ngoài có thể làm việc được bình thường và ổn định là:

- $l = (3 \div 4)d$
- $h_{ck} \leq 7m$ hoặc $H_0 \leq 9m$

Động năng của dòng chảy ra khỏi lỗ và vòi tính bởi:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho Q v^2}{2} = \frac{\gamma \mu \omega}{2} = \frac{\gamma \mu \omega}{2g} \sqrt{2gH_0} \varphi^2 \cdot 2gH_0 = \mu \varphi^2 \gamma \omega H_0 \sqrt{2gH_0}$$

Bảng (5 – 3) so sánh năng lượng công tác của lỗ thành mỏng và các loại vòi.

B – DÒNG TIA

§5.8 – Phân loại, tính chất dòng tia.

1. Định nghĩa:

Dòng chất lỏng có kích thước hữu hạn, không bị giới hạn bởi những thành rắn, chuyển động trong môi trường chất lỏng cùng loại hoặc khác loại, được gọi là *dòng tia*.

Phân thành: dòng tia ngập và dòng tia không ngập.

Trạng thái chảy trong dòng tia có thể là chảy tầng hoặc chảy rối, nhưng thường gặp trong thực tế là trạng thái chảy rối.

2. Dòng tia ngập.

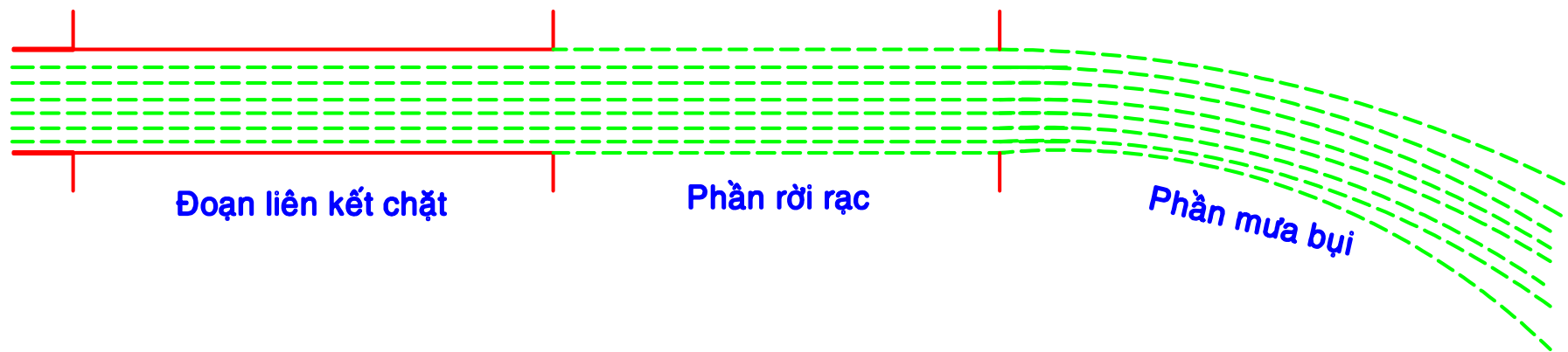
3. Dòng tia không ngập.

Xét một dòng tia nước, không ngập, từ ống hình tròn ra, phun vào không khí, ta có thể chia làm dòng làm 3 phần (hình 5 – 11):

–*Phần liên kết chặt*: trong phần này, dòng tia còn giữ nguyên hình trụ: các hạt chất lỏng vẫn liên kết chặt nên chất lỏng vẫn liên tục, không có những khu bị không khí lẫn vào:

–*Phần rời rạc*: trong phần này, sự liên tục của chất lỏng bị phá hoại, dòng tia mở rộng, bắt đầu có những hạt nước lớn.

–*Phần mưa bụi*: trong phần này, dòng tia gồm những hạt nước rất nhỏ, riêng biệt.



Hình 5 – 11

Sau đây là một vài công thức tính toán về dòng tia không ngập, chủ yếu dựa vào kết quả thí nghiệm:

– Đối với dòng tia phun ra thẳng đứng (hình 5 – 12a), độ cao của đoạn liên kết chặt H_k tính từ miệng vòi phun, tính theo:

$$H_k = \beta H_c = \beta \frac{H}{1 + \psi H} \quad (5 - 40)$$

trong đó H là cột nước tại miệng vòi, có thể lấy $H = \frac{v^2}{2g}$; v là tốc độ tại miệng vòi;

ψ hệ số thí nghiệm, phụ thuộc đường kính d của vòi $\psi = \frac{0,00025}{d + 1000d^3}$ (d tính m); H_c

là độ cao của dòng tia, tức khoảng cách từ miệng vòi đến nơi mà dòng tia không phun lên cao hơn nữa được: $H_c = \frac{H}{1 + \psi H}$

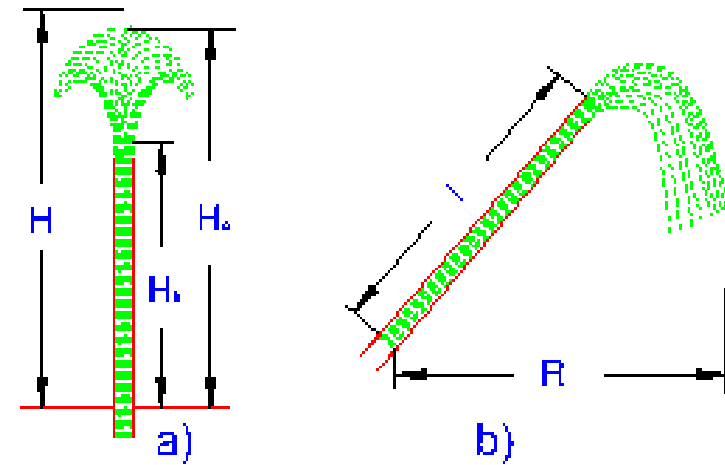
β - hệ số thí nghiệm, phụ thuộc H_c , tính theo bảng sau đây:

Bảng 5 – 4.

H_c (m)	7	9,5	12	14,5	17,2	20	22,9	24,5	26,8
β	0,84	0,84	0,835	0,825	0,815	0,805	0,79	0,785	0,76

- Đối với dòng tia phun nghiêng, (hình 5 – 12b) còn ít nghiên cứu; trên cơ sở thí nghiệm người ta kết luận rằng:

+ Khi góc nghiêng θ của tia phun đối với mặt nằm ngang biến đổi từ $0^{\circ} \div 90^{\circ}$:
 Bề dài của đoạn liên kết chặt R_k không đổi và bằng độ cao của dòng tia khi phun thẳng đứng H_C ; $R_k = H_C$. Khoảng cách từ miệng vòi đến hết đoạn mưa bụi R_b càng ngắn lại, và có thể tính theo công thức kinh nghiệm $R_b = kH_C$ trong đó k là hệ số thí nghiệm phụ thuộc góc nghiêng θ , trị số k cho bởi bảng sau đây (bảng 5 – 5):



Hình 5 – 12

Bảng 5 – 5.

θ	0	15°	30°	45°	60°	75°	90°
k	1,40	1,30	1,20	1,12	1,07	1,03	1,00

§5.9 – Những đặc tính động lực học của dòng tia.

Hệ số lưu lượng μ của lỗ to

Bảng 5 - 1

Loại lỗ	μ
- Lỗ loại trung, dòng chảy co hẹp đều đặn về mọi phương, không có tấm dẫn nước.	0,65
- Loại lỗ to, dòng chảy co hẹp đều đặn về mọi phương, nhưng là co hẹp không hoàn thiện.	0,70
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp về các phương khác có ảnh hưởng rõ rệt.	0,65 ~ 0,70
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp về các phương khác có ảnh hưởng vừa phải.	0,70 ~ 0,75
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp ở hai bên rất hoà hoãn.	0,80 ~ 0,85
- Lỗ khoét ở đáy, không co hẹp ở cạnh đáy, sự co hẹp ở các phương khác rất bé.	0,90

Bảng 5 – 3.

Loại vòi và lỗ	Hệ số tổn thất ζ	Hệ số co hẹp ε	Hệ số lưu tốc φ	Hệ số lưu lượng μ	$\mu\varphi^2$
1. Lỗ tròn thành mỏng	0,06	0,64	0,97	0,62	0,583
2. Vòi trụ tròn gắn ngoài	0,50	1,0	0,82	0,82	0,551
3. Vòi trụ tròn gắn trong	1,0	1,0	0,707	0,707	0,358
4. Vòi hình nón mở rộng ($\theta = 5^0 \div 7^0$)	4,0 ÷ 3,0	1,0	0,45 ÷ 0,50	0,45 ÷ 0,50	0,091
5. Vòi hình nón thu hẹp ($\theta = 13^0 24'$)	0,09	0,98	0,96	0,94	0,894
6. Vòi hình đường dòng	0,06	1,0	0,98	0,98	0,913

CHƯƠNG 6:

DÒNG CHẢY ỔN ĐỊNH TRONG ỐNG CÓ ÁP

§6.1 – Khái niệm cơ bản về đường ống - Những công thức tính toán cơ bản.

Ta nghiên cứu dòng chảy trong ống thỏa mãn: *dòng chảy ổn định, có áp, chảy rối, chảy đều*. Dòng chảy trong những ống dẫn nước của thành phố, nhà máy, những ống xiphông, những ống hút ống đẩy của máy bơm v.v...

Những phương trình chủ yếu phải dùng tới là:

- Phương trình Becnuly
- Phương trình liên tục
- Phương trình xác định tổn thất cột nước (chủ yếu là những công thức tính hệ số ma sát Darcy λ , hệ số Sedi C, hệ số tổn thất cục bộ ζ_c).

Phân loại căn cứ vào sự so sánh giữa tổn thất cột nước dọc đường và tổn thất cột nước cục bộ; **phân thành ống dài và ống ngắn.**

- *Ống dài*: tổn thất dọc đường là chủ yếu
- *Ống ngắn*: tổn thất cục bộ của dòng chảy và cột nước lưu tốc đều có tác dụng quan trọng như tổn thất dọc đường.

Cũng có thể phân loại ống dựa vào % tổn thất:

- Tổn thất cục bộ $\leq 5\%$ tổn thất dọc đường ta coi là đường ống dài.
- Tổn thất cục bộ $> 5\%$ thì xem là ống ngắn.

Thiết kế ống dài, người ta thường kể đến tổn thất cục bộ bằng cách *coi nó bằng 5% tổn thất dọc đường*, rồi cộng vào tổn thất dọc đường để tìm ra tổn thất toàn bộ.

1. Công thức tính toán đối với ống dài.

Đối với ống dài, tổn thất cột nước coi như toàn bộ là tổn thất dọc đường:

$$h_w \approx h_d = J \quad (6 - 1)$$

Theo công thức Sedi: $v = C\sqrt{RJ} \rightarrow Q = \omega C\sqrt{RJ} \quad (6 - 2)$

Nếu đặt: $K = \omega C\sqrt{R} \quad (6 - 3)$

Thì $Q = K\sqrt{J} \quad (6 - 4)$

Đại lượng K gọi là **đặc tính lưu lượng hoặc môđun lưu lượng**.

$$K = \omega C \sqrt{R} = \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{n} \left(\frac{d}{4}\right)^y \left(\frac{d}{4}\right)^{0.5} = f(n, d)$$

Người ta lập sẵn những bảng tính K khi biết d và n (xem phụ lục)

Từ (6 - 4), ta có thể viết: $J = \frac{Q^2}{K^2} \rightarrow \boxed{h_d = \frac{Q^2}{K^2} l} \quad (6 - 5)$

Những bảng cho sẵn trị số K thường tính qua trị số C ứng với khu vực căn bình phương. Với khu vực căn bình phương, nếu cần phải điều chỉnh, người ta đưa vào **hệ số điều chỉnh θ_1 đối với môđun lưu lượng**:

$$K = \theta_1 K_{bp} \quad (6 - 6)$$

trong đó K_{bp} là môđun lưu lượng ứng với khu vực căn bình phương.

Từ (6 - 4), ta suy ra: $Q = K \sqrt{J} = \theta_1 K_{bp} \sqrt{J}$

Do đó từ công thức (6 - 5) ta viết được:

$$h_d = \frac{Q^2}{K^2} l = \frac{1}{\theta_1^2} \frac{Q^2}{K_{bp}^2} l = \theta_2 \frac{Q^2}{K_{bp}^2} l \quad (6 - 7) \quad \text{trong đó:} \quad \theta_2 = \frac{1}{\theta_1^2}$$

Hệ số điều chỉnh θ_1 và θ_2 được xác định theo công thức gần đúng của N.Z.Phorenken đề ra (1951)

$$\left. \begin{aligned} \theta_2 &= \left(1 + \frac{M}{v}\right)^2 \\ \theta_1 &= \frac{1}{1 + \frac{M}{v}} \end{aligned} \right\} \quad (6-8)$$

trong đó M là hằng số đối với mỗi loại ống và mỗi hệ số nhớt.

Theo thí nghiệm của F. A. Sêvêlêp, trị số M có thể xác định gần đúng như sau (với v đơn vị là mm/s)

$M = 40$ đối với ống thép

$M = 95$ đối với ống gang

$M = 30$ đối với ống thường

Những trị số của θ_1 và $\theta_2 = \frac{1}{\theta_1^2}$ có thể tra ở bảng (6-1)

- Những trị số θ_1 và θ_2 có thể lập bảng tra (**Bảng 6-1**) ứng với từng giá trị vận tốc v .
- Khi tính toán sơ bộ coi dòng chảy ở khu bình phương sức cản, tức dùng:
 $\theta_1 = \theta_2 = 1$.

2. Công thức tính toán đối với ống ngắn.

Đối với ống ngắn, tổn thất cột nước bao gồm cả tổn thất cục bộ và dọc đường

Theo Darcy: \longrightarrow
$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

Tổn thất cột nước cục bộ tính theo công thức Vecsbatsor: \longrightarrow
$$h_c = \zeta_c \frac{v^2}{2g}$$

§6.2 – Tính toán thủy lực về ống dài.

1. Đường ống đơn giản.

- Đường ống đơn giản là đường ống có đường kính không đổi, không có ống nhánh, do đó lưu lượng dọc đường ống không đổi.
- Dòng chảy trong ống đơn giản có thể chia làm hai trường hợp cơ bản:
Dòng chảy ra ngoài khí trời và dòng chảy từ ống vào một bể chứa khác.

a) Dòng chảy ra ngoài khí trời (hình 6 – 1).

Viết phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2:

$$z_1 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_0^2}{2g} = z_2 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_d$$

Đặt: $H = z_1 - z_2$, coi $\frac{\alpha_1 v_0^2}{2g} \approx 0$ và $\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \ll h_d$ ta viết: $H = h_d$ (6 – 9)

Vậy công thức tính đường ống đơn giản trong trường hợp này viết thành:

$$H = \frac{Q^2}{K^2} l \quad (6 – 10)$$

Vì ở đây ta coi $\frac{\alpha v^2}{2g} \approx 0$, nên đường tổng cột nước và đường cột nước đo áp trùng nhau (hình 6 – 1).

Nếu ở một số trường hợp nào đó cột nước lưu tốc khá lớn, thì ta có:

$$H = h_d + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = \frac{Q^2}{K^2} l + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = \frac{Q^2}{K^2} l + h_{td} \quad (6 – 11)$$

trong đó: $h_{td} = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ gọi là cột nước tự do chưa bị tiêu hao. Phương trình (6 – 11)

viết thành: $H' = H - h_{td} = \frac{Q^2}{K^2} l$; ta lại có dạng như phương trình (6 – 10)

b) Dòng chảy từ ống vào một bể chứa khác (hình 6 – 2).

Viết phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2:

$$z_1 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_d + h_c$$

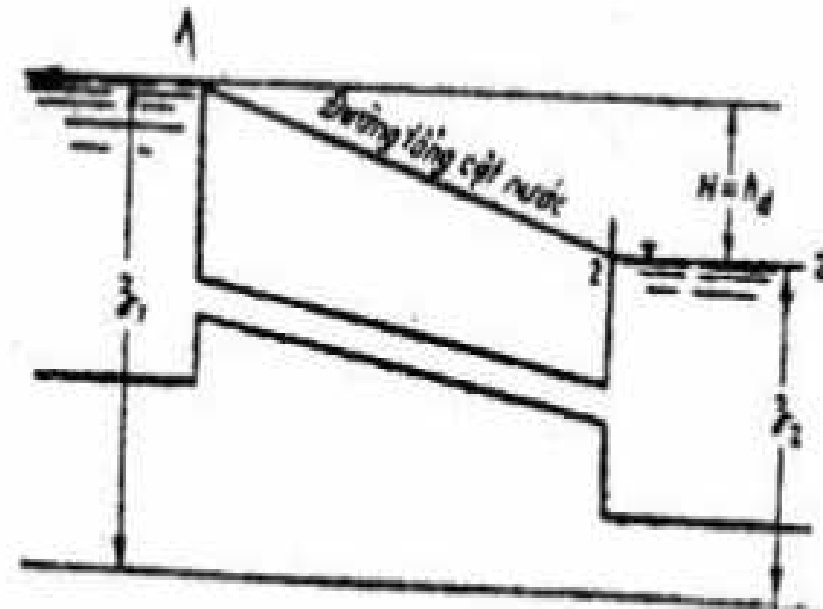
h_c khá nhỏ so với h_d có thể bỏ qua

(với giả thiết $\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \approx 0$ và $\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \approx 0$):

$$H = z_1 - z_2 = h_d$$

H là độ chênh mực nước của hai bể chứa.

Công thức tính toán vẫn là (6 – 10)



Hình 6 – 2

Những bài toán cơ bản về ống dài đơn giản, chia làm các loại sau đây:

– Biết d, l, H , tìm Q ? Tra bảng tìm K ; tính J theo $J = \frac{H}{l}$; cuối cùng tìm Q theo $Q = K \cdot \sqrt{J}$.

– Biết d, l, Q , tìm H ? Tra bảng tìm K ; tính H theo công thức $H = \frac{Q^2}{K^2} \cdot l$

– Biết Q, H, l , tìm d ? Từ $J = \frac{H}{l}$ đã biết, tính K theo $K = \frac{Q}{\sqrt{J}}$, dùng bảng có sẵn tìm d thích hợp với K . Sau khi chọn được d rồi ta có thể thử lại tính Q và H .

– Biết Q, l , tìm d và H ? Đây là một loại bài toán thiết kế thường gặp trong thực tế. Dùng công thức kinh nghiệm V.G. Lôbasép cho phép tính đường kính kinh tế, tức đường kính ống làm cho tổng kinh phí về đường ống và động lực dùng dẫn nước nhỏ nhất: $d = xQ^{0,42}$

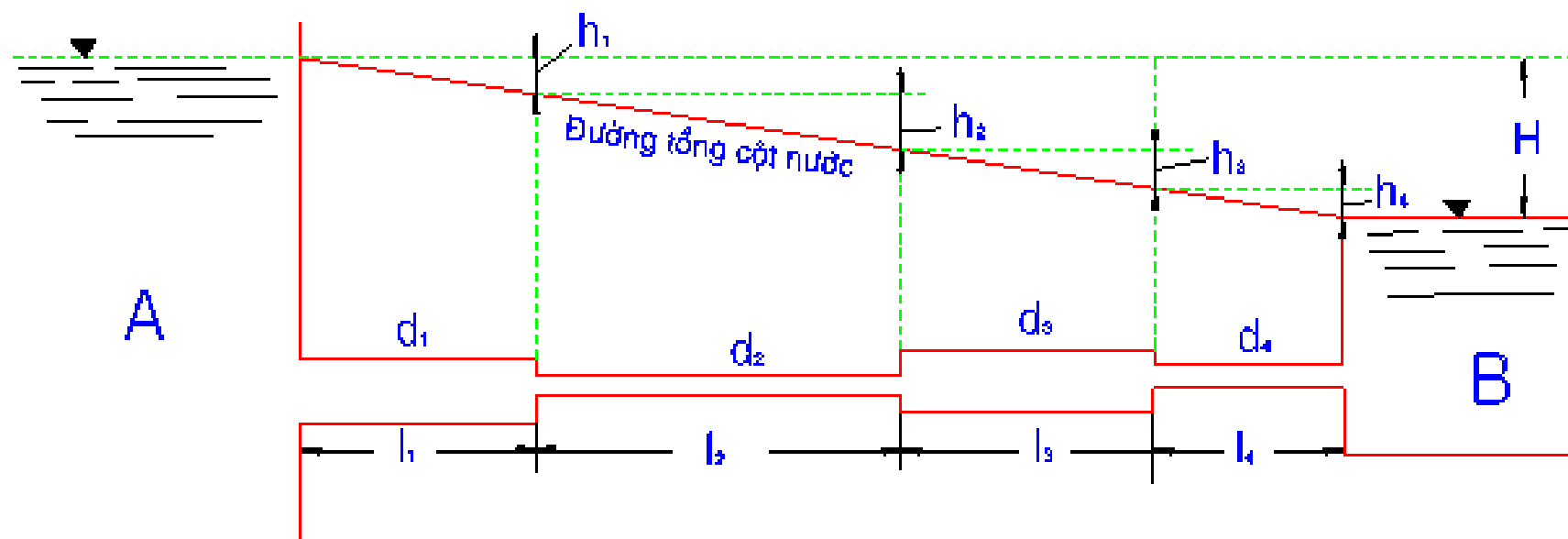
trong đó: d là đường kính ống tính theo m; Q là lưu lượng tính theo m^3/s ; x là hệ số lấy $0,8 \div 1,2$.

2. Đường ống nối tiếp.

Nhiều đường ống có đường kính khác nhau mà nối tiếp nhau lập thành đường ống nối tiếp.

Giả thiết mỗi ống đơn giản có kích thước là đường kính d_i ; độ dài l_i và độ nhám khác nhau. Như vậy mỗi ống có một đặc tính lưu lượng K_i .

Trong đường ống nối tiếp lưu lượng Q chảy qua các ống đều bằng nhau (hình 6 – 3).



Hình 6 – 3

Như vậy đường ống ghép nối tiếp; ta có:

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

$$h_i = Q^2 \frac{l_i}{K_i^2} \quad (6 - 12)$$

$$H \approx h_2 = \sum_{i=1}^{i=n} h_i \quad \text{hoặc} \quad H = Q^2 \sum_{i=1}^{i=n} \frac{l_i}{K_i^2} \quad (6 - 13)$$

3. Đường ống nối song song.

Nhiều ống đơn giản có đường kính khác nhau và nối với nhau, có chung một nút vào và một nút ra gọi là đường ống nối song song. Cột nước H từ A đến B đều giống nhau cho các ống: $H_{AB} = H_A - H_B$

$$H = Q_1^2 \frac{l_1}{K_1^2}$$

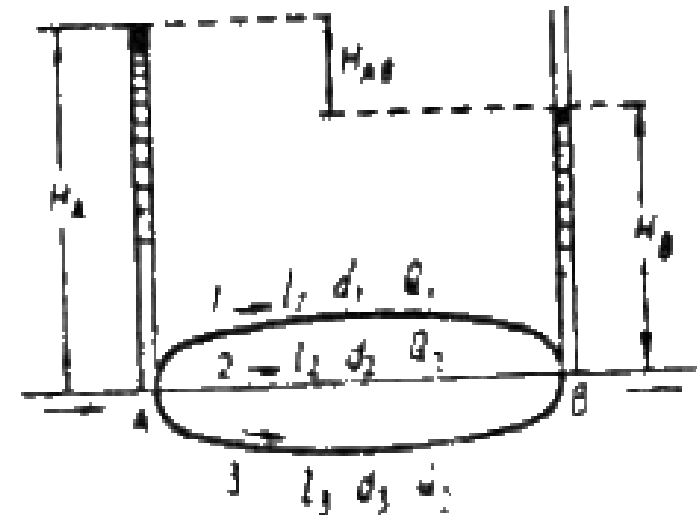
$$H = Q_2^2 \frac{l_2}{K_2^2}$$

.....

$$H = Q_n^2 \frac{l_n}{K_n^2}$$

Lại thêm tổng số lưu lượng qua ống bằng lưu lượng ở ống chính:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (6-15)$$

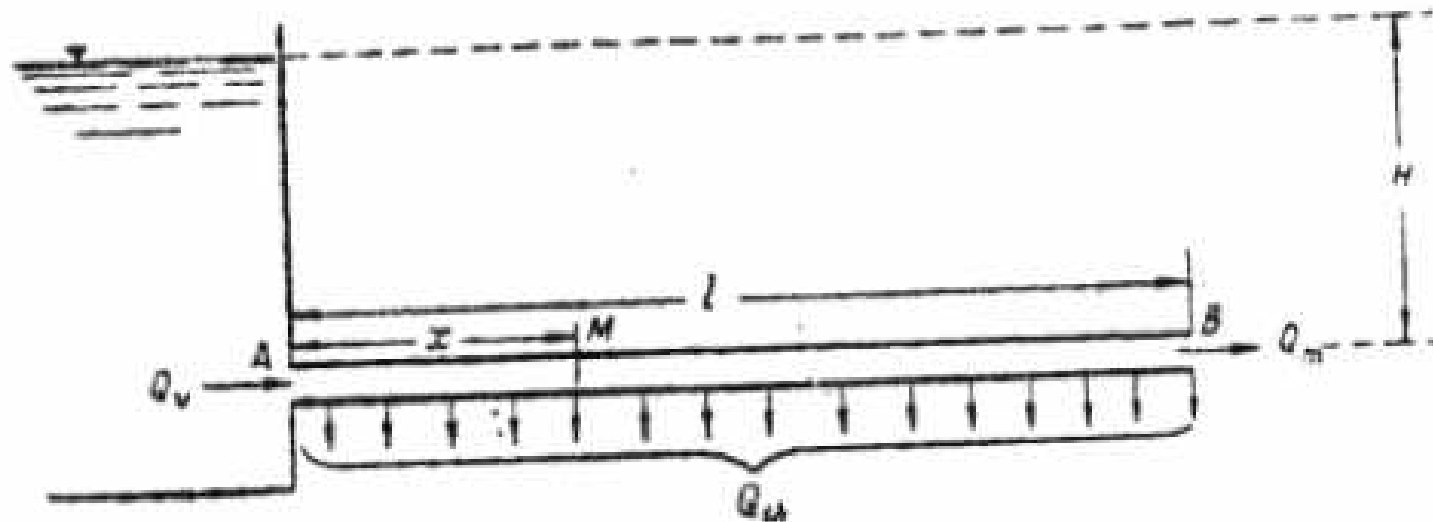


Hình 6 - 4

(6 - 14)

4. Đường ống tháo nước liên tục.

Trường hợp lưu lượng dọc theo đường ống tháo dần ra một cách liên tục. Loại đường ống ấy gọi là **đường ống tháo liên tục**.



Hình 6 – 5

Q_v lưu lượng tại điểm A là điểm vào của ống.

Q_{th} tổng số lưu lượng tháo ra dọc đường AB, gọi là “ Lưu lượng tháo ra “.

Q_m Lưu lượng tại điểm B là điểm cuối của đường AB, gọi là **“lưu lượng mang đi”**

L là độ dài ống AB.

- Lưu lượng Q_M tại điểm M cách A một đoạn x , bằng lưu lượng tại điểm A trừ đi lưu lượng tháo đi trên đoạn x :

$$Q_M = Q_V - \frac{Q_{th}}{l} x.$$

Vì: $Q_V = Q_{th} + Q_m \longrightarrow Q_M = Q_{th} + Q_m - \frac{Q_{th}}{l} x.$

Tại bất kỳ một mặt cắt nào trên ống, độ dốc thủy lực bằng: $J = \frac{Q_i^2}{K_i^2}$

Vậy tại mặt cắt ướt ở M, trên một đoạn dx :

$$J = \frac{Q_M^2}{K_M^2} = \frac{\left(Q_{th} + Q_m - \frac{Q_{th}}{l} x \right)^2}{K_M^2} = \frac{dH}{dx}$$

Vậy tổn thất dọc đường cả đoạn ống AB là: $h_d = H = \int_0^l \frac{\left(Q_{th} + Q_m - \frac{Q_{th}}{l} x \right)^2}{K_M^2} dx$

Vì trị số K chỉ phụ thuộc đường kính và vật liệu làm ống nên K_M là một hằng số trên cả đoạn AB . Ta thay K_M bằng chữ K

$$H = \frac{1}{K^2} \int_0^l \left[(Q_{th} + Q_m)^2 - 2(Q_{th} + Q_m) \frac{Q_{th}}{l} x + \frac{Q_{th}^2}{l^2} x^2 \right] dx,$$

Do đó:
$$H = \frac{l}{K^2} \left[\left(Q_m^2 + Q_{th} Q_m + \frac{1}{3} Q_{th}^2 \right) \right] \quad (6 - 16)$$

Trong trường hợp đặc biệt $Q_m = 0$ thì:
$$H = \frac{1}{3} \frac{Q_{th}^2}{K^2} l \quad (6 - 17)$$

Từ phương trình (6 - 16) ta có thể viết:

$$Q_m^2 + Q_{th} Q_m + \frac{1}{3} Q_{th}^2 \approx (Q_m + 0,55 Q_{th})^2$$

$$H = \frac{(Q_m + 0,55 Q_{th})^2}{K^2} l \quad (6 - 18)$$

Nếu gọi: $Q_{tính} = Q_m + 0,55 Q_{th}$ thì:
$$H = \frac{Q_{tính}^2}{K^2} l \quad (6 - 19)$$

5. Đường ống phức tạp

Đường ống phức tạp có thể chia làm hai loại

Mạng đường ống chia nhánh

Mạng đường ống đóng kín

a) Nguyên tắc tính toán thủy lực về mạng đường ống chia nhánh.

Hai trường hợp tính toán về đường ống chia nhánh.

Trường hợp 1: Chưa biết cao trình của mực nước trong tháp nước, biết sơ đồ mặt bằng, độ dài các đoạn ống l_i , lưu lượng q_i (điểm D, E, F), cao trình cột nước đo áp ∇_i (**Hình 6 – 6**). Tìm đường kính các ống, cao trình mực nước trong tháp nước. Đó là bài toán hay gặp khi thiết kế các công trình cấp nước.

Trước hết tính đường ống chính:

– Xác định lưu lượng trong từng đoạn của đường ống chính, xuất phát từ các lưu lượng q_i :

$$Q_{CD} = q_D ; Q_{BC} = q_F + Q_{CD} ; Q_{AB} = q_E + Q_{BC} = q_E + q_F + q_D$$

Xác định d thường xuất phát từ lưu tốc kinh tế v_e , tức lưu tốc chọn sao cho tổng số kinh phí xây dựng công trình là nhỏ nhất. (bảng 6 – 2).

Bảng 6 – 2

$d, \text{ mm}$	50	75	100	125	150	200	250	300	350
$V \text{ (m/s)}$	0,75	0,75	0,76	0,82	0,85	0,95	1,02	1,05	1,10
$Q \text{ l/s}$	1,50	3,30	6,00	10,0	15,0	30,0	50,0	102	106
$d, \text{ mm}$	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100
$V \text{ (m/s)}$	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,53	1,55
$Q \text{ l/s}$	145	190	245	365	520	705	920	1200	1475

Trong đó: đường kính ống D tính theo mm; Vận tốc trong ống tính theo m/s; Lưu lượng trong ống tính theo l/s.

Việc chọn đường kính ống trở nên đơn giản khi đã định lưu tốc kinh tế. Ta cũng có thể trực tiếp chọn đường kính kinh tế theo công thức V.G.Lôbasep.

– Biết Q_i , d_i , l_i ta tính ra tổn thất cột nước $h_{đi}$ của từng đoạn ống chính

theo:
$$h_{đi} = \frac{Q_i^2}{K_i^2} l_i$$

– Cao trình mực nước thấp nước tính theo công thức: $\nabla'_A = \nabla'_D + \sum h_{đi}$

– Ta xác định chiều cao thấp nước:

$$H_A = \nabla'_A - \nabla_A; \quad \nabla_A \text{ là cao trình địa hình điểm A.}$$

– Khi biết trị số $h_{đi}$ ta vẽ đường đo áp của ống chính xuất phát từ cao trình ∇'_D của cột nước đo áp tại điểm cuối của đường ống chính.

– Sau khi tính xong đường ống chính, ta tính đường ống phụ.

+ Tại điểm B có ống nhánh BE và tại C có ống nhánh CF. Nên:

$$h_{BE} = \nabla'_B - \nabla'_E; \quad h_{CF} = \nabla'_C - \nabla'_F$$

+ Xác định đường kính ống nhánh: Có h , l , q tính J rồi tính K tra bảng tìm d .

Trường hợp 2: Biết cao trình mực nước trong tháp nước, biết sơ đồ mặt bằng của mạng lưới, độ dài l_i , lưu lượng Q_i trong từng đoạn ống, cao trình mực nước trong tháp nước và cao trình cột nước đo áp tại những điểm tiêu thụ lưu lượng. Ta tìm đường kính các ống.

Trình tự giải bài toán như sau:

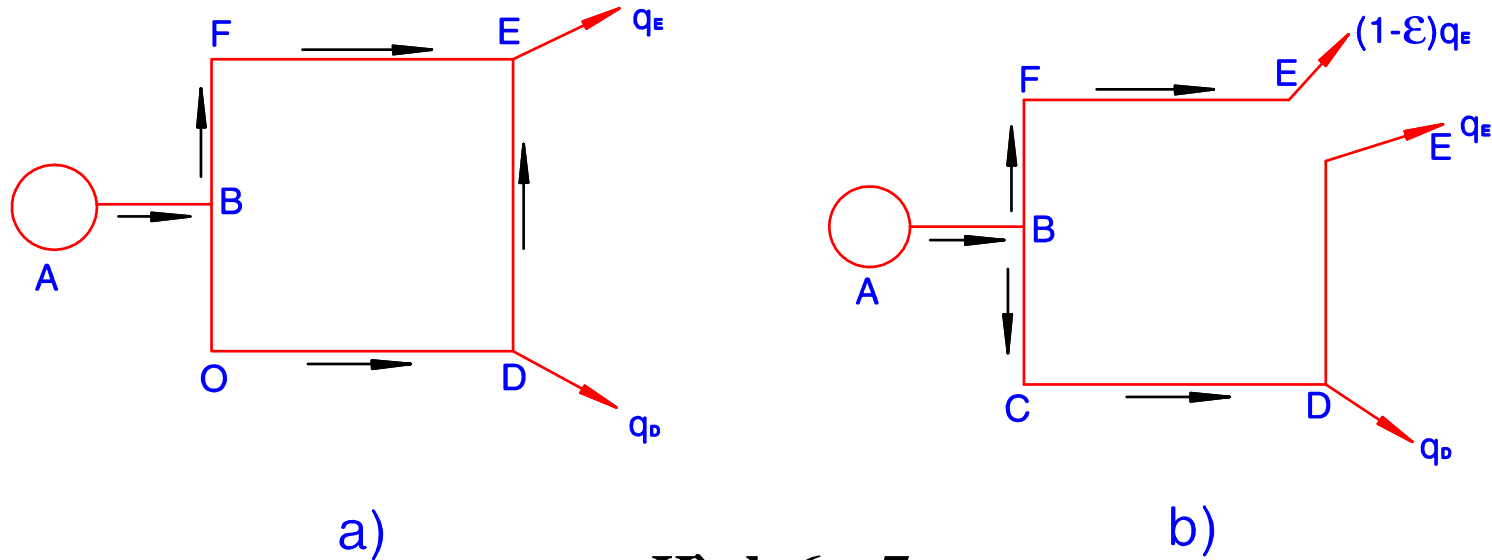
- Xác định độ dài l của ống chính: $l = \sum l_i$
- Xác định độ chênh cột nước trên đường ống chính: $H = \nabla'A - \nabla'$

Vậy độ dốc thủy lực trung bình của đường ống chính bằng: $J_{tb} = \frac{H}{l}$

$$\longrightarrow K_i = \frac{Q_i}{\sqrt{J_{tb}}}$$

Biết K_i tra bảng tìm được đường kính d của từng đoạn ống. Việc tính toán đường ống nhánh cũng làm tương tự như trên.

b) Nguyên tắc tính toán thủy lực về mạng đường ống đóng kín.



Hình 6 – 7

Dòng chảy trong vòng kín phải thỏa mãn hai điều kiện sau đây:

- *Tại bất cứ điểm nào trên vòng kín, tổng số lưu lượng đi tới điểm đó phải bằng tổng số lưu lượng rời khỏi điểm đó.*
- *Tổng số tổn thất cột nước trên cả vòng kín phải bằng không, quy ước rằng tổn thất cột nước là dương nếu chiều đi vòng để tính tổn thất trùng với chiều chảy, là âm nếu ngược với chiều chảy.*

Có hai phương pháp giải:

– Phương pháp thứ nhất: Phương pháp cân bằng cột nước.

- + Ta tự ý phân phối lưu lượng trên vòng kín, sao cho điều kiện thứ nhất được thỏa mãn, khi đó điều kiện thứ hai không thỏa mãn.
- + Không vi phạm điều kiện thứ nhất, ta phân phối lại lưu lượng trên mạng đến khi điều kiện thứ hai ngày càng đến chỗ được thỏa mãn đầy đủ hơn.

– Phương pháp thứ hai: Phương pháp cân bằng lưu lượng.

- + Ta tự ý phân phối lưu lượng trên vòng kín, sao cho điều kiện thứ hai được thỏa mãn, nên khi đó điều kiện thứ nhất không thỏa mãn.
- + Không vi phạm điều kiện thứ hai, ta phân phối lại lưu lượng trên mạng đến khi điều kiện thứ nhất ngày càng đến chỗ được thỏa mãn đầy đủ hơn.

§6.3 – Tính toán thủy lực về ống ngắn. Tính toán thủy lực về đường ống của máy bơm ly tâm.

Tính toán thủy lực về ống ngắn phải kể đến tất cả các loại tổn thất: tổn thất dọc đường, tổn thất cục bộ. Tính toán về đường ống của máy bơm ly tâm là một thí dụ về tính toán thủy lực đường ống ngắn. Tính toán đường ống hút và ống đẩy (**hình 6 – 8**).

1. Tính toán đường ống hút.

Áp suất nước trong ống hút tại máy bơm nhỏ hơn áp suất không khí, tại nơi nối ống hút vào máy bơm áp suất đạt giá trị chân không lớn nhất, vì lý do đó nên trước khi chạy máy bơm ly tâm phải môi, nghĩa là cần làm đầy nước ở đường ống hút thì mới hút được nước lên (*đặt van một chiều cốt để việc môi dễ dàng*).

Ống hút không dài lắm, tổn thất cục bộ có tác dụng quan trọng cho nên khi tính toán phải coi là ống ngắn.

Viết phương trình Bernoulli cho hai mặt cắt (1 – 1) và (2 – 2)

$$0 + \frac{p_a}{\gamma} + 0 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w \quad (6 - 20)$$

trong đó: $h_w = \left(\zeta_{van} + \zeta_{uon} + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{v_2^2}{2g} = \sum \zeta_i \frac{v_2^2}{2g}$

Gọi độ cao chân không là: $h_{ck} = \frac{p_a - p_2}{\gamma}$

Thì phương trình (6 – 20) viết lại thành ($\alpha_2 \approx 1$):

$$h_{ck} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \sum \zeta_i \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{hay:} \quad z_2 = h_{ck} - \left(1 + \sum \zeta_i \right) \frac{v_2^2}{2g} \quad (6 - 21)$$

Phương trình (6 – 21) là phương trình cơ bản để tính ống hút. Độ cao đặt máy bơm z_2 bị độ chân không hạn chế.

Nếu gọi $(h_{ck})_{c.p}$ là trị số chân không cho phép đối với một loại bơm nhất định và loại chất lỏng nhất định, ta có thể từ công thức (6 – 21) nêu lên rằng chiều cao lớn nhất đặt máy bơm, so với mặt nước trong bể bằng:

$$(z_2)_{c.p} = (h_{ck})_{c.p} - \left(1 + \sum \zeta_i \right) \frac{v^2}{2g} \quad (6 - 21')$$

2. Tính toán thủy lực đường ống đẩy.

Gọi H_p là năng lượng tăng thêm cho một đơn vị trọng lượng chất lỏng (năng lượng đó do máy bơm cấp); Viết phương trình Bernoulli tại 2 – 2 và 3 – 3 ngay trước và sau máy bơm như sau:

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + H_p = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} \quad (6 - 22)$$

Thông thường: $z_2 = z_3$; $v_2 = v_3$ (đường kính ống hút và ống đẩy bằng nhau), khi đó (lấy $\alpha_2 = \alpha_3$):

$$\frac{p_3}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma} + H_p \quad (6 - 23)$$

Ta lại lấy hai mặt cắt 3 – 3 và 4 – 4, rồi viết phương trình Bernoulli:

$$z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} = z_4 + \frac{p_3}{\gamma} + 0 + h'_w \quad (6 - 24)$$

trong đó h'_w là tổn thất cột nước từ máy bơm lên tháp nước.

Ta gọi:

$$h_w' = \sum \zeta_1' \frac{v_3^2}{2g} \quad (6 - 25)$$

Kết hợp ba phương trình (6 - 20), (6 - 22) và (6 - 24) ta thấy:

$$H_b = z_4 + h_w + h_w'$$

Hoặc

$$H_b = z_4 + \sum \zeta_i \frac{v_2^2}{2g} + \sum \zeta_i' \frac{v_3^2}{2g} \quad (6 - 26)$$

Theo công thức (6 - 26) ta thấy năng lượng H_b của máy bơm cấp cho một đơn vị trọng lượng chất lỏng **dùng để**:

- + Đưa nước lên độ cao hình học z_4 tức
 - là độ chênh của hai mặt nước tự do ở tháp và ở bể chứa.
- + Khắc phục trở lực ở đường ống
 - hút và ống đẩy.

Nếu lưu lượng máy bơm biểu thị bằng m^3/s , năng lượng H_b mà thiết bị bơm cung cấp cho một đơn vị trọng lượng nước bằng mét, hiệu suất máy bơm bằng η_{bom} , hiệu suất động cơ $\eta_{động}$ cơ thì công suất cần phải cung cấp cho thiết bị bơm:

$$N = \frac{\gamma Q H_b}{\eta_{bom} \cdot \eta_{động cơ}} \quad \text{W(oát)} \quad (6 - 27)$$

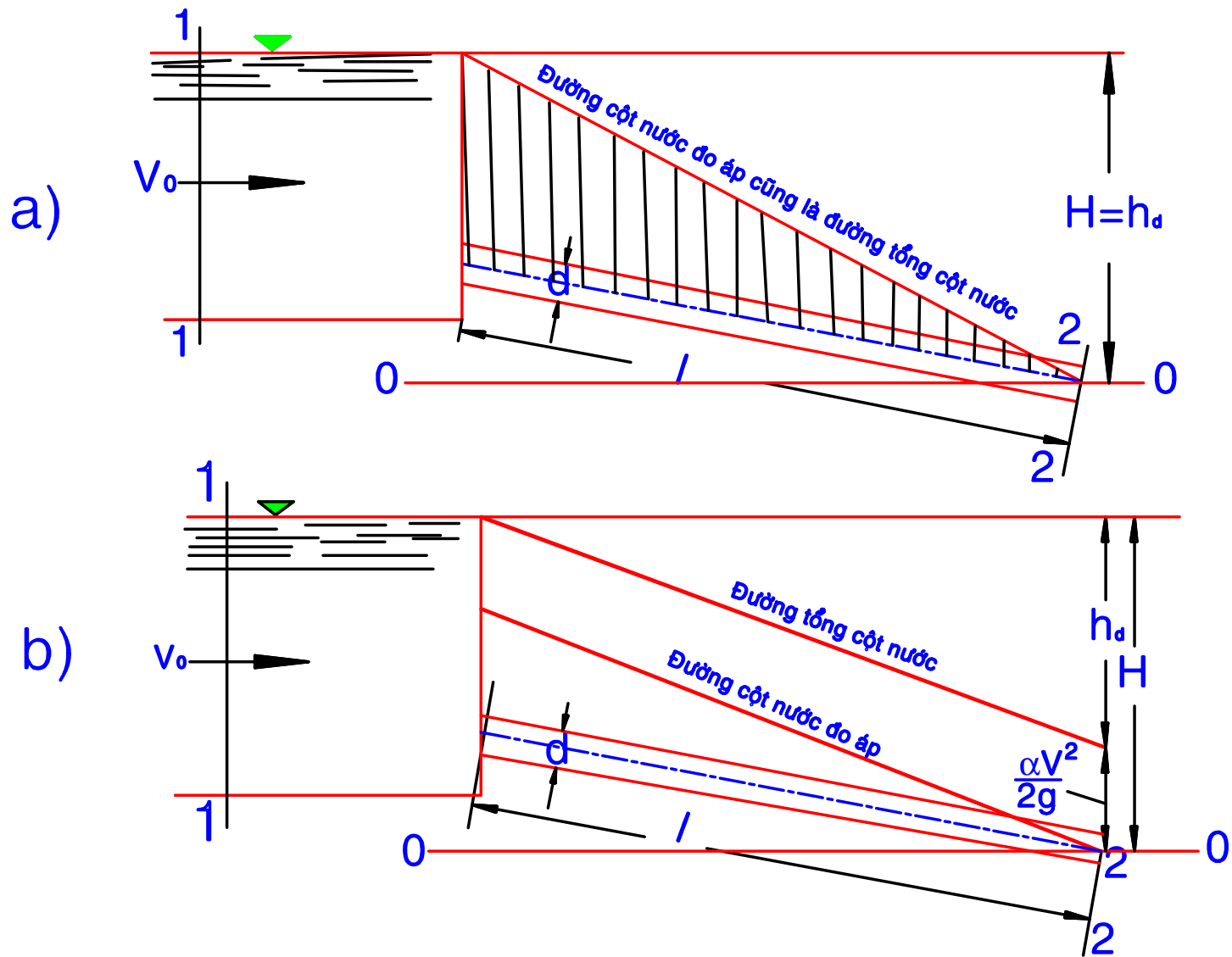
hoặc:

$$N = \frac{\gamma Q H_b}{1000 \eta_{bom} \cdot \eta_{động cơ}} \quad \text{kW(oát)} \quad (6 - 27')$$

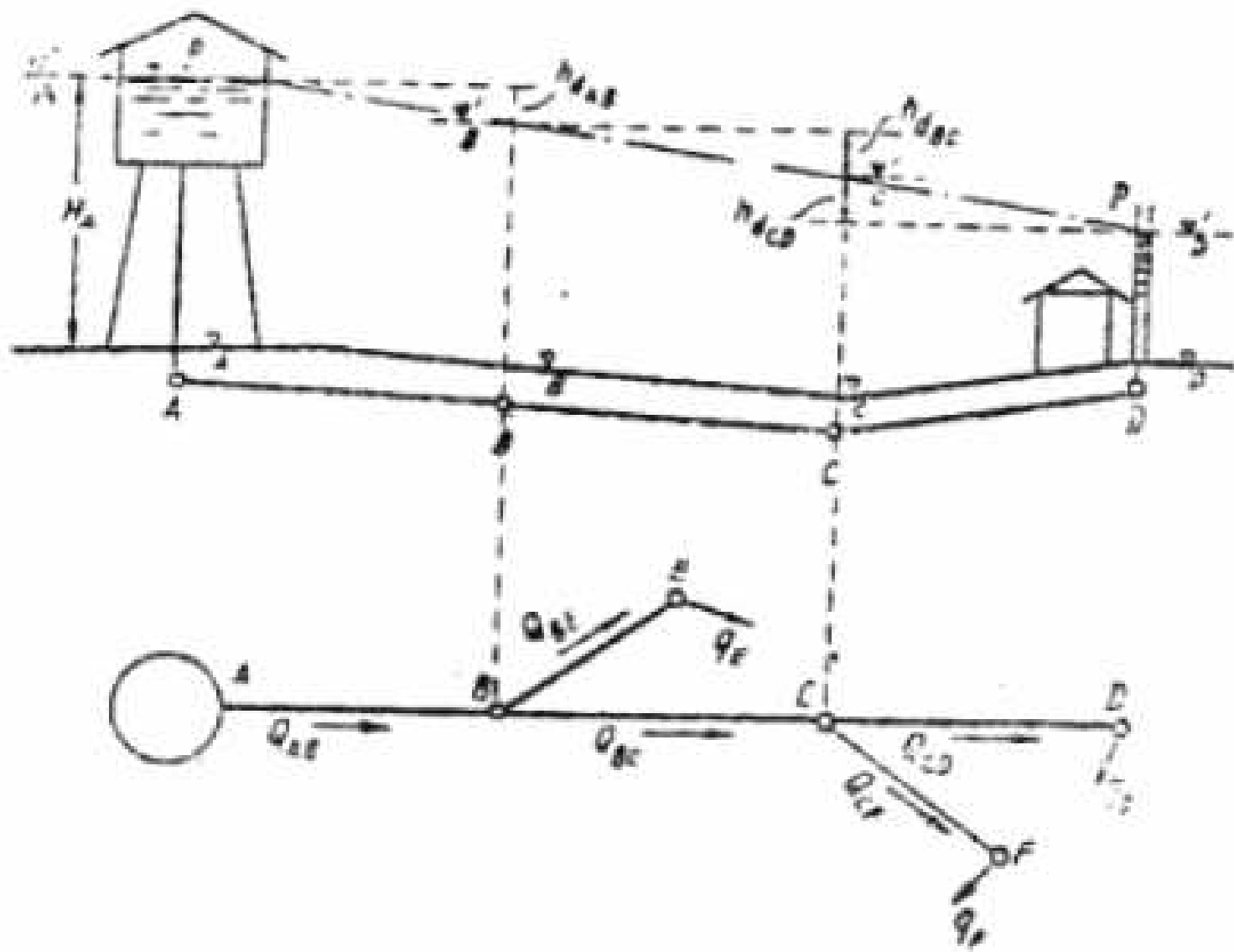
trong đó Q là lưu lượng của máy bơm tính ra m^3/s ; γ là trọng lượng riêng của chất lỏng N/m^3 .

Bảng 6 – 1

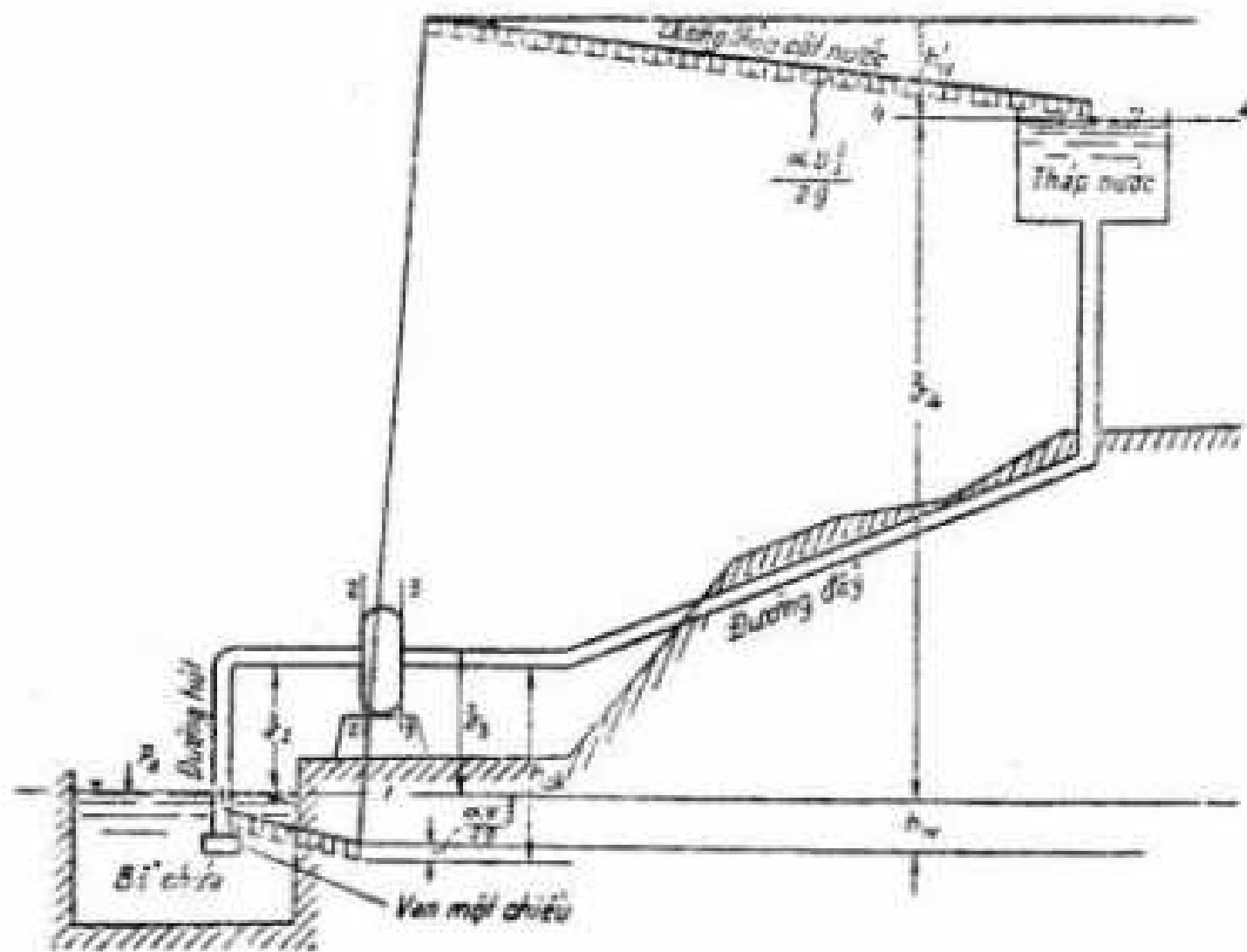
Loại ống	Hệ số	Lưu tốc, m/s												
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
thường	θ_1	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1	1	1	1	1
	θ_2	1,19	1,14	1,11	1,08	1,06	1,03	1,01	1	1	1	1	1	1
gang mới	θ_1	0,81	0,84	0,86	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99
	θ_2	1,51	1,42	1,36	1,32	1,28	1,22	1,18	1,15	1,12	1,10	1,08	1,05	1,03
thép mới	θ_1	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
	θ_2	1,22	1,18	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02



Hình 6 – 1



Hình 6 - 6



Hình 6 - 8

CHƯƠNG 7:

DÒNG CHẢY ĐỀU KHÔNG ÁP TRONG KÊNH

§7.1 – Những khái niệm cơ bản về dòng chảy đều không áp trong kênh.

Dòng chảy **đều không áp** trong kênh là dòng chảy ổn định, có lưu lượng, diện tích mặt cắt ướt, đồ phân bố lưu tốc trên mặt cắt ướt không đổi theo dòng chảy.

Muốn có dòng chảy đều, không áp trong kênh cần thiết phải đồng thời **thỏa mãn những điều kiện sau đây:**

- Lưu lượng không đổi dọc theo dòng chảy và thời gian.
- Mặt cắt ướt không đổi cả về hình dạng và diện tích
- Độ dốc đáy không đổi, $i = \text{const}$
- Độ nhám không đổi, $n = \text{const}$.

Công thức cơ bản để tính dòng chảy đều trong kênh hở là công thức Sedi:

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

**Dòng chảy
đều, không áp
trong kênh:**

+ Độ dốc thủy lực J , độ dốc đo áp J_p và độ dốc đáy kênh i bằng nhau: $J = J_p = i$

+ Đường năng và đường đo áp song song với nhau; đường đo áp của dòng chảy đều trong kênh hở có thể coi chính là đường mặt nước tự do.

Công thức Sedi dùng cho dòng chảy đều trong kênh hở viết dưới dạng:

$$\mathbf{v} = \mathbf{C}\sqrt{\mathbf{R}i} \quad (7 - 1)$$

Gọi K là môđun lưu lượng hoặc đặc tính lưu lượng:

$$\mathbf{K} = \omega\mathbf{C}\sqrt{\mathbf{R}} \quad (7 - 2)$$

Tức lưu lượng của dòng chảy đều:

$$\mathbf{Q} = \omega\mathbf{C}\sqrt{\mathbf{R}i} = \mathbf{K}\sqrt{i} \quad (7 - 3)$$

§7.2 – Những yếu tố thủy lực của mặt cắt ướ́t của dòng chảy trong kênh.

1. Các mặt cắt thường dùng (hình 7 – 1; 7 – 2)

2. Những công thức tính những yếu tố thủy lực của mặt cắt ướ́t.

a) Mặt cắt ngang hình thang đối xứng (hình 7 – 3a).

$$m = \cot\alpha \quad (7 - 4)$$

$$B = b + 2mh \quad (7 - 5)$$

$$\omega = (b + mh)h \quad (7 - 6)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (7 - 7)$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (7 - 8)$$

Đặt $\beta = \frac{b}{h}$; những trị số ω và χ biểu thị qua β thành:

$$\omega = h^2(\beta + m) \quad (7 - 9)$$

$$\chi = h\left(\beta + 2\sqrt{1 + m^2}\right) \quad (7 - 10)$$



Hình 7 – 3

b) Mặt cắt ngang hình chữ nhật (hình 7 – 3b).

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ở đây: } B = b; m = \cotg 90^\circ = 0 \\ \omega = bh; \chi = b + 2h \end{array} \right\} \quad (7 - 11)$$

c) Mặt cắt ngang hình tam giác (hình 7 – 3c).

$$\left. \begin{array}{l} b = 0; B = 2mh \\ \omega = mh^2; \chi = 2h\sqrt{1 + m^2} \end{array} \right\} \quad (7 - 12)$$

d) Mặt cắt ngang hình Parabol (hình 7 – 3d):

$$\omega = \frac{2}{3} Bh \quad (7 - 13)$$

§7.3 – Mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

Mặt cắt nào dẫn được lưu lượng lớn nhất trong cùng một điều kiện (độ dốc đáy kênh, độ nhám bờ, diện tích mặt cắt ướt...) thì được gọi là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

Ta xác định điều kiện của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực; ta có:

$$Q = \omega \frac{1}{n} R^y \sqrt{Ri}$$

Cùng diện tích ω , Q càng lớn khi R càng lớn và ứng với cùng một lưu lượng Q nếu R lớn nhất thì ω nhỏ nhất. Vậy với $\omega = \text{const}$, ta sẽ có mặt cắt lợi nhất về thủy lực khi bán kính thủy lực R lớn nhất, có nghĩa là chu vi ướt χ nhỏ nhất.

Trong những hình có diện tích bằng nhau thì hình tròn là hình có chu vi bé nhất, do đó mặt cắt lợi nhất về thủy lực của kênh hở là hình nửa vòng tròn.

Đối với mặt cắt hình thang điều kiện để mặt cắt có lợi nhất về thủy lực là:

$$\beta_{ln} = 2(\sqrt{1 + m^2} - m) \quad (7 - 14)$$

Từ (7 - 14) ta thấy β_{ln} là hàm số của m . Quan hệ $\beta_{ln} = f(m)$ cho ở bảng (7 - 1)

Bảng trị số của $\beta_{ln} = f(m)$

Bảng 7 - 1

m	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00
β_{ln}	2,0	1,562	1,236	1,000	0,828	0,702	0,606	0,532	0,472	0,424	0,385	0,324

Thay β_{ln} vào (7 - 8) tính bán kính thủy lực R , ta có:

$$R_{ln} = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} = \frac{[2(\sqrt{1 + m^2} - m) + m]h^2}{2(\sqrt{1 + m^2} - m)h + 2\sqrt{1 + m^2}h} = \frac{h}{2} \quad (7 - 15)$$

Với mặt cắt chữ nhật ($m = 0$) thì $\beta_{ln} = 2$, tức bề rộng bằng hai lần độ sâu:

$$b_{ln} = 2h_{ln}$$

§7.4 – Những bài toán cơ bản về dòng chảy đều trong kênh hở hình thang.

Việc tính toán dòng chảy đều trong kênh hở là dựa vào phương trình cơ bản (7 – 3):

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}$$

$$Q = f(b, h, m, n, i)$$

(7 – 16)

Ta thường phải giải quyết hai vấn đề về tính toán kênh hở:

- Giải phương trình (7 – 16) gồm 6 biến số khi đã biết 5, còn lại một biến số lấy làm ẩn số.
- *Thiết kế kênh mới*: thường đã biết những tài liệu về trắc đạc, địa hình, về vật liệu làm kênh, về lưu lượng trong kênh; phải xác định kích thước mặt cắt ngang kênh.

Sau đây xét từng vấn đề:

Tính toán đối với kênh đã biết, ta có thể **gặp 3 bài toán cơ bản** sau đây:

- Tìm Q , đã biết b, h, m, n, i : tính những trị số ω, R, C rồi thay vào (7 – 3) ta tìm được Q .

- Tìm i , đã biết Q, h, b, m, n : tính những trị số ω, R, C . Rồi thay vào (7 – 3) ta được độ dốc kênh:

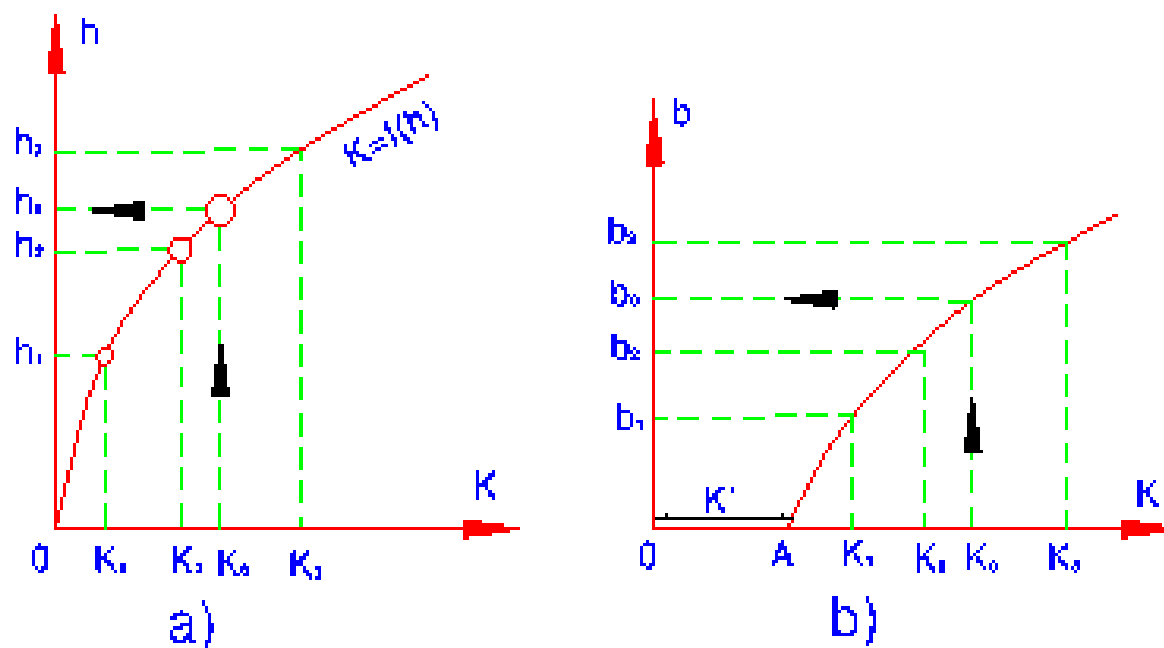
$$\mathbf{i} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}$$

- Tìm h , đã biết Q, b, m, n, i : Trực tiếp tìm h từ (7 – 3) là vấn đề phức tạp, nên giải bài toán này bằng phương pháp thử dần. Định một trị số h , tính ra các trị số ω, C, R , rồi thay vào (7 – 2) để tìm trị số K tương ứng. Mặt khác tính ra:

$$\mathbf{K}_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}}$$

Trị số h làm cho trị số K tương ứng bằng trị số K_0 là số phải tìm.

Ta tự cho vài trị số $h_1, h_2, h_3 \dots$ và tính ra những trị số $K_1, K_2, K_3 \dots$ tương ứng (hình 7 - 4). Trên đồ thị $K \sim h$, dựa vào những điểm có tọa độ nói trên vẽ đường cong $K = f(h)$. Từ trị số K_0 đã biết, tìm ra điểm có trị số h_0 tương ứng.



Hình 7 - 4

Cũng thuộc loại bài toán này là trường hợp tìm b khi đã biết Q, h, m, n, i . Biểu thức (7-2) cũng là hàm số của b vì các đại lượng ω, C, R đều có thể biểu thị qua b :

$$K = \omega C \sqrt{R} = f(b)$$

Về vấn đề thiết kế kênh mới, thường phải xác định tuyến kênh và độ dốc đáy. Căn cứ vào địa chất hoặc vật liệu làm kênh xác định hệ số mái dốc m , hệ số nhám n . **Với Q cho trước cần xác định b , h của mặt cắt ngang.** Trong bài toán này theo (7 – 16) ta có một phương trình hai ẩn số (b , h). Vậy **cần phải có một phương trình thứ hai nêu thêm một mối quan hệ b , h nữa.**

Có thể có hai trường hợp về phương trình thứ hai đó:

– Cho biết tỷ số $\beta = \frac{b}{h}$. Khi đó thay mọi trị số b trong phương trình

(7 – 2) bằng βh , ta có phương trình một ẩn số h và trở về trường hợp tìm h khi đã biết Q , b , m , n , i đã nói trên. Có thể lấy tỷ số β bằng β_{ln} ; lúc đó phương trình thứ hai là phương trình (7 – 14).

– Cho biết R hoặc v : Giả sử biết R , từ (7 – 3) ta tính được

$$\omega = \frac{Q}{C\sqrt{Ri}} \text{ và theo định nghĩa thì } \chi = \frac{\omega}{R}.$$

Vậy ta có hệ phương trình hai ẩn số (b, h) sau đây:

$$\left. \begin{aligned} (b + mh)h &= \omega \\ \mathbf{b} + 2h\sqrt{1 + m^2} &= \frac{\omega}{\mathbf{R}} \end{aligned} \right\} \quad (7 - 17) \quad \text{Giải ra tìm được } \mathbf{b}, \mathbf{h}$$

Giải thử cho biết v . Từ công thức Sedi (7 - 1) $\mathbf{v} = \mathbf{C}\sqrt{\mathbf{R}i}$ ta viết được:

$$\mathbf{C}\sqrt{\mathbf{R}} = \frac{1}{n} \mathbf{R}^{j+0,5} = \frac{v}{\sqrt{i}}$$

Biết $\frac{v}{\sqrt{i}}$ và n đồng thời xác định được y thì giải ra được R . Thí dụ $y = \frac{1}{6}$ như ở

công thức Maninh, ta có:
$$\mathbf{R} = \left(\frac{n\mathbf{v}}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (7 - 18)$$

Nếu y lấy trị số như trong công thức Pavolôpsky thì có thể trực tiếp dùng bảng quan hệ $\mathbf{C}\sqrt{\mathbf{R}} \sim \mathbf{R}$ để tính R (có bảng tính sẵn).

Biết R ta quay về giải hệ phương trình (7 - 17).

§7.5 – Tính toán kênh có điều kiện thủy lực phức tạp.

1. Mặt cắt đơn giản nhưng có độ nhám khác nhau:

Gọi χ_i là phần chu vi ướt của mặt cắt ứng với độ nhám n_i và ω_i là phần mặt cắt tương ứng với phần chu vi ướt χ_i .

Có thể tính độ nhám trung bình theo:

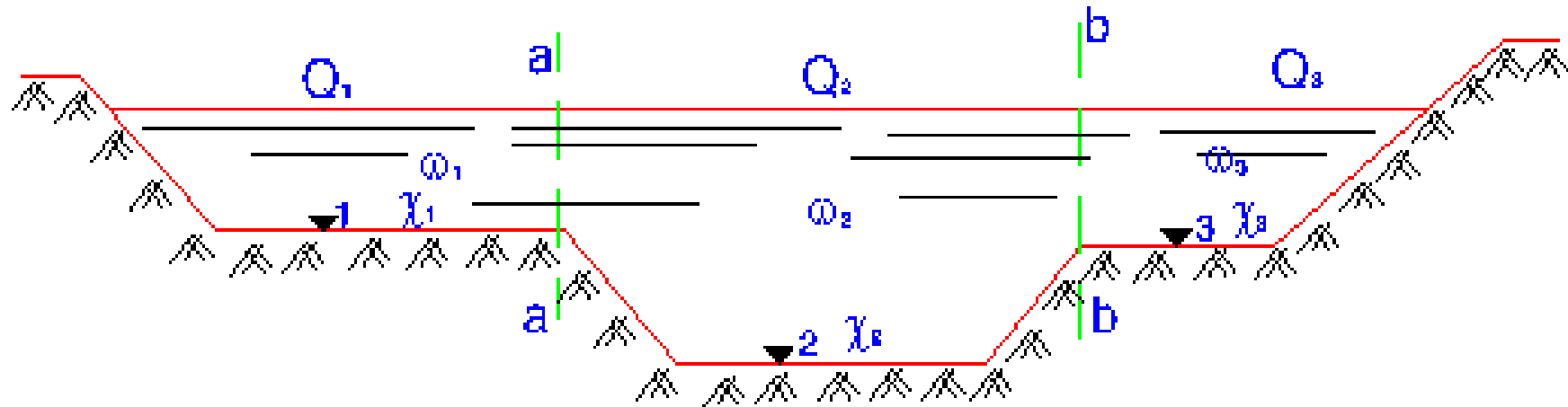
$$n_{tb} = \frac{n_1\chi_1 + n_2\chi_2 + \dots + n_n\chi_n}{\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n} \quad (7 - 19)$$

Pavolôpsky đã chứng minh được rằng có thể xác định "hệ số nhám trung bình" bằng công thức:

$$n_{tb} = \sqrt{\frac{n_1^2\chi_1 + n_2^2\chi_2 + \dots + n_n^2\chi_n}{\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \chi_i n_i^2}{\chi}} \quad (7 - 20)$$

Khi đó trị số n trong hệ số Sedi lấy bằng n_{tb} .

2. Kênh có mặt cắt phức tạp:



Hình 7 – 5

$$Q_1 = K_1 \sqrt{J} = \omega_1 C_1 \sqrt{R_1 i}$$

$$Q_2 = K_2 \sqrt{J} = \omega_2 C_2 \sqrt{R_2 i}$$

.....

$$Q_n = K_n \sqrt{J} = \omega_n C_n \sqrt{R_n i}$$

$$Q = \sum Q_i = K \sqrt{J} = (\sum K_i) \sqrt{J}$$

§7.6 – Tính toán thủy lực dòng chảy đều không áp trong ống.

Gọi H là chiều cao trong ống, h là chiều sâu; K , W là môđun lưu lượng và môđun lưu tốc, khi độ sâu $h < H$; K_0 , W_0 là môđun lưu lượng và môđun lưu tốc khi $H = h$.

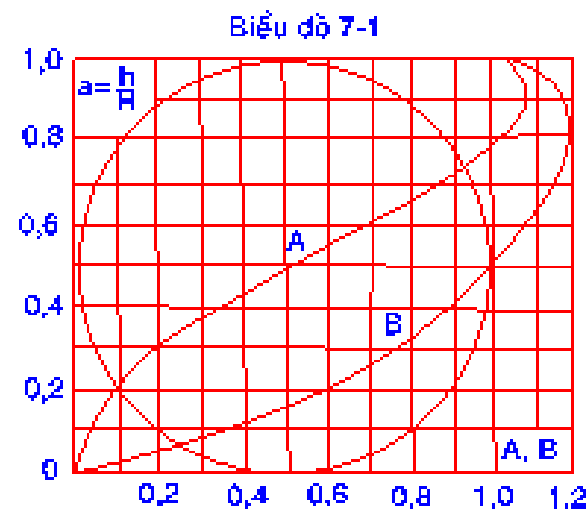
Nếu tính C theo công thức $C = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}}$ và cho rằng y không đổi khi h thay đổi thì

rõ ràng tỉ số $\frac{K}{K_0} = A$ và $\frac{W}{W_0} = B$ sẽ chỉ phụ thuộc độ sâu tương đối, tỷ số $a = \frac{h}{H}$

mà không phụ thuộc vào độ nhám và kích thước tuyệt đối của mặt cắt:

$$A = \frac{K}{K_0} = f_1(a) \qquad B = \frac{W}{W_0} = f_2(a)$$

Các biểu đồ quan hệ (hình 7 – 6); (h.7 – 7); (h.7 – 8) ta chỉ cần tính K_0 , W_0 là có ngay quan hệ giữa K và W với độ sâu h , và giải được các bài tính về dòng chảy đều không áp trong ống một cách rất đơn giản.



Hình 7 – 6

§7.7 – Lưu tốc cho phép không xói và không lắng.

Điều kiện làm việc lý tưởng nhất của kênh là đảm bảo sự ổn định của mặt cắt ngang và dọc về phương diện xói và bồi.

Để không gây ra xói lở lòng dẫn nước, lưu tốc tính toán hoặc lưu tốc thực tế trong kênh cần nhỏ hơn lưu tốc cho phép không xói:

$$v < [v_{kx}]$$

(7 – 21)

trong đó $[v_{kx}]$ – lưu tốc cho phép không xói của dòng chảy.

Lưu tốc cho phép không xói là lưu tốc lớn nhất mà khi dòng chảy đạt tới trị số ấy không gây ra sự xói lở lòng kênh, trở ngại cho việc sử dụng bình thường.

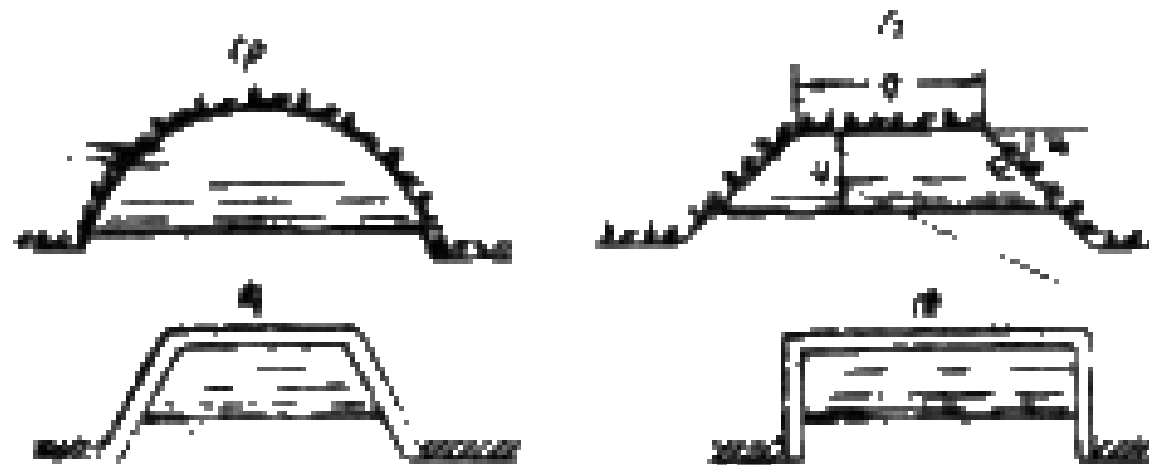
Đối với các dòng chảy có mang theo một số lượng nhất định về chất lơ lửng, ngoài việc đảm bảo lòng dẫn không bị xói còn cần chọn lưu tốc tính toán sao cho không để bồi lấp kênh.

Ta gọi lưu tốc mà ứng với nó dòng chảy **đủ sức tải số lượng bùn cát** đã cho với thành phần tổ hợp bùn cát đã định là *lưu tốc giới hạn không lắng* và ký hiệu là $[v_{kl}]$.

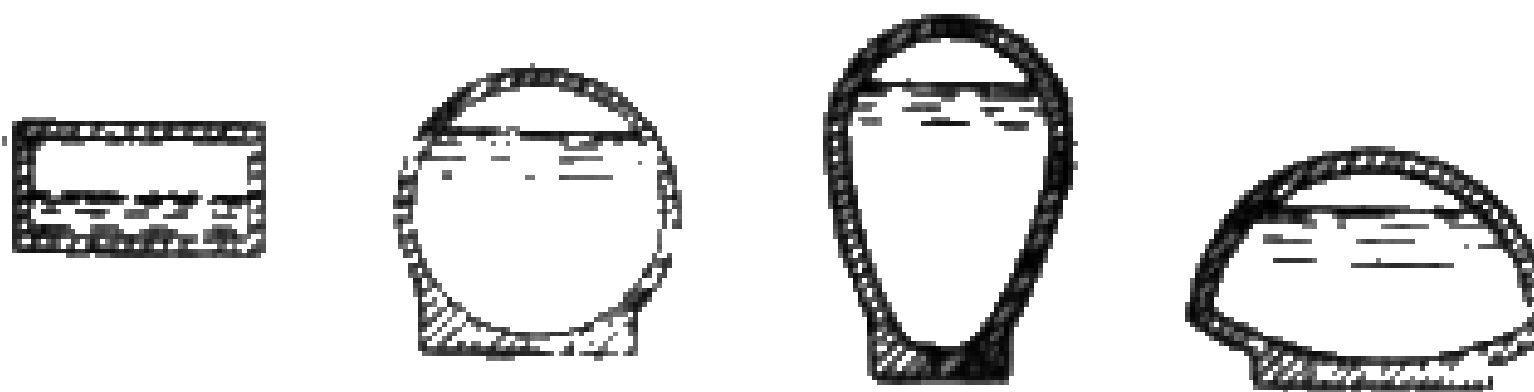
Như vậy muốn cho lòng kênh không bị bồi lấp cần thỏa mãn điều kiện:

$$v > [v_{kl}]$$

(7 – 22).



Hình 7 - 1



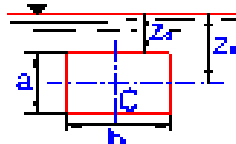
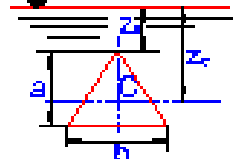
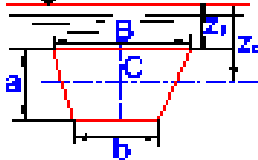
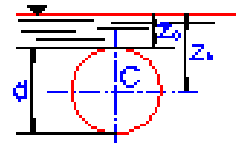
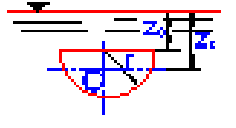
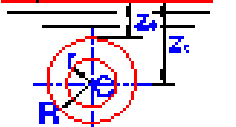
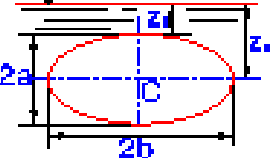
Hình 7 - 2

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. *Nguyễn Cảnh Cầm, Vũ Văn Tảo – Thủy lực – Tập I*, NXB Xây Dựng, Hà Nội – 2007.
- [2]. *Lê Minh Lưu – Giáo trình Thủy lực*, ĐH Tôn Đức Thắng, Tp.Hồ Chí Minh – 2009.
- [3]. *Bộ Xây Dựng – Giáo trình Thủy lực*, NXB Xây Dựng, Hà Nội – 2006.
- [4]. *Hoàng Văn Quý, Nguyễn Cảnh Cầm – Bài tập Thủy lực – Tập I*, NXB Xây Dựng, Hà Nội – 2005.
- [5]. *Phạm Văn Khương, Phạm Văn Vĩnh – Bài tập Thủy lực chọn lọc*, NXB Xây Dựng, Hà Nội – 2007.
- [6]. *Lưu Công Đào, Nguyễn Tài – Sổ tay tính toán thủy lực – dịch từ tiếng Nga*.
- [7]. *Nguyễn Tài – Lê Bá Sơn – Thủy lực – Tập I*, Nhà Xuất bản Xây Dựng – Hà Nội – 1999.
- [8]. *Bộ môn Thủy lực Trường Đại học Thủy lợi – Các bảng tra thủy lực*, Hà Nội – 1991.

Phụ lục 1:

MÔ MEN QUÁN TÍNH I_0 (đối với trục nằm ngang đi qua trọng tâm C)
 TOẠ ĐỘ TRỌNG TÂM Z_0 VÀ DIỆN TÍCH ω CỦA NHỮNG HÌNH PHẪNG

Hình, ký hiệu	I_0	Z_c	ω
	$\frac{ba^3}{12}$	$z_0 + \frac{a}{2}$	$b \cdot a$
	$\frac{ba^3}{36}$	$z_0 + \frac{2}{3}a$	$\frac{b \cdot a}{2}$
	$\frac{a^3(B^2 + 4Bb + b^2)}{36(B + b)}$	$z_0 + \frac{a(B + 2b)}{3(B + b)}$	$\frac{a(B + b)}{2}$
	$\frac{\pi d^4}{64}$	$z_0 + \frac{d}{2}$	$\frac{\pi d^2}{4}$
	$\frac{9\pi^2 - 64}{72\pi} r^4$	$z_0 + \frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{2}$
	$\frac{\pi(R^4 - r^4)}{4}$	$z_0 + R$	$\pi(R^2 - r^2)$
	$\frac{\pi a^3 b}{4}$	$z_0 + a$	$\Delta_{t,d}$



Bài tập thủy lực đại cương



BÀI TẬP THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

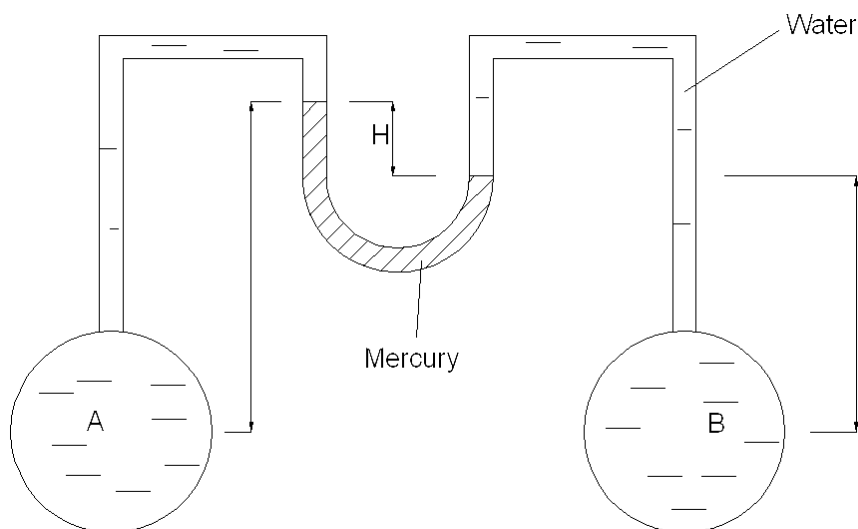
Họ và tên: Nguyễn Thành Trung

Lớp: 53CG2

MSSV: 2461.53

Bài tập chương 2: Thủy tĩnh học

Bài 2.4 : Theo bài ra ta có sơ đồ như hình vẽ:



Áp suất tại điểm A là:

$$P_A = P_{O_1O_1} + h_1 \cdot \gamma_n$$

Áp suất tại điểm B là: $P_B = P_{O_0} + h_2 \cdot \gamma_n$

Lấy (1) – (2) ta được độ chênh áp suất tại A và B

$$\Delta P = P_A - P_B = (P_{O_1O_1} - P_{O_0}) + (h_1 - h_2) \cdot \gamma_n$$

Mặt khác ta lại có: $P_{O_1O_1} - P_{O_0} = -\gamma_{tn} \cdot h_0 ; (h_1 - h_2) = h_0$

Vậy ta suy ra được: $\Delta P = P_A - P_B = -\gamma_{tn} \cdot h_0 + (h_1 - h_2) \cdot \gamma_n$

$$\Delta P = (\gamma_n - \gamma_{tn}) h_0$$

$$\Delta P = -24683 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

Dấu “-“ nghĩa là $P_A < P_B$

Bài 2.11 :

Xét áp suất dư tại 2 điểm A và A' thuộc cùng

1 mặt đẳng áp 0-0: $p_A = p_{A'}$

Với: $p_A = \gamma_n \cdot h_2$

$p_{A'} = \gamma_{tn} \cdot h_1$

Từ đó ta có

$$\rightarrow \gamma_n \cdot h_2 = \gamma_{tn} \cdot h_1$$

$$\rightarrow h_2 = \frac{\gamma_{tn} \cdot h_1}{\gamma_n} = \frac{13,6 \cdot 12}{1} = 1632 \text{mm}$$

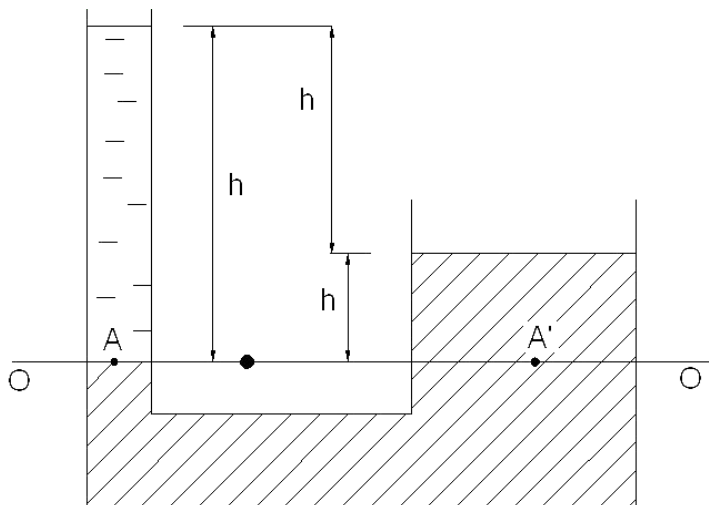
Hay $h_2 = 1.632 \text{m}$

Theo hình vẽ trên ta có:

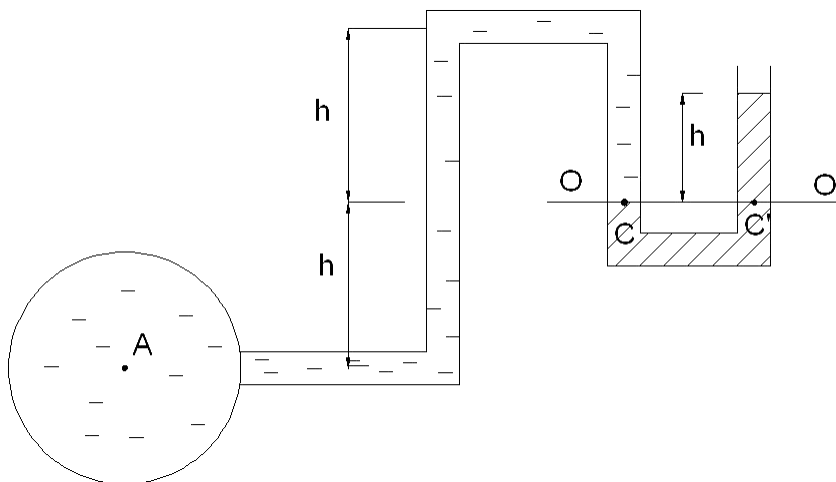
$$h = h_2 - h_1$$

$$\rightarrow h = 1632 - 120 = 1512 \text{(mm)}$$

hay $h = 1,512 \text{(m)}$



Bài 2-12 (28)



Áp suất dư tại điểm A được tính bởi:

$$p_{dA} = p_c + \gamma_n \cdot h_1$$

Xét áp suất dư tại 2 điểm C và C' thuộc cùng 1 mặt đẳng áp 0-0:

$$p_c = p_{c'}$$

Mà: $p_C = \gamma_{tn} \cdot h_2$

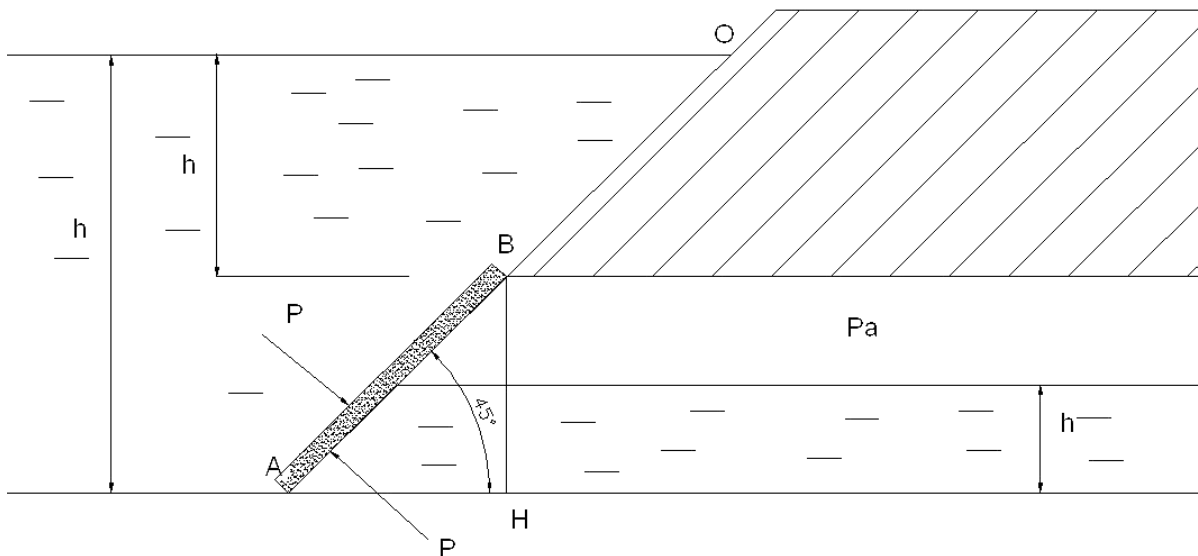
$$\rightarrow p_{dA} = \gamma_{tn} \cdot h_2 + \gamma_n \cdot h_1$$

$$\rightarrow p_{dA} = 0,25 \cdot 136 + 9810 \cdot 0,4 = 37924 \frac{N}{m^2}$$

Hay :

$$p_{dA} = 0.38 \text{at}$$

Bài 2-23:



Ta tính độ cao trọng tâm của tiết diện cửa van:

$$h_c = h_1 - \frac{BH}{2} = h_1 - \frac{h_1 - h}{2} = 5 - \frac{5 - 3}{2} = 4(m)$$

Xét áp lực do khối nước có độ cao h_1 gây ra lên cửa van:

Ta có:

$$P_1 = h_c \omega \cdot \gamma_n = h_c (O'A' \cdot b) \cdot \gamma_n = h_c \left(\frac{O'H}{2} \cdot b \right) \cdot \gamma_n$$

$$\rightarrow P_1 = 443949N$$

Nếu ta chọn trục Oz nằm nghiêng theo mặt với hướng như hình vẽ, điểm O nằm tại mặt thượng lưu thì vị trí của điểm đặt lực P_1 sẽ tính theo công thức:

$$z_D = h_c + \frac{I_o}{\omega \cdot h_c}$$

Với

$$I_o = \frac{bh^3}{12} = \frac{b(BA)^3}{12} = 7.54(m^4)$$

Từ đó ta có :

$$z_D = 4 + \frac{7.54}{2\sqrt{2} \cdot 4.4} = 4,67(m)$$

Xét áp lực do khối nước có độ cao h_2 gây ra:

Độ cao trọng tâm phần tiếp xúc với nước của cửa van là:

$$h_{c'} = h_2 - \frac{1}{2}h_2 = \frac{1}{2}h_2$$

$$\rightarrow h_{c'} = 0.6m$$

Diện tích mặt tiếp xúc với nước là:

$$\omega' = H' \cdot b = (\sqrt{2}h_2) \cdot b = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 4 = 6,78(m^2)$$

Do đó ta có:

$$P_2 = h_{c'} \cdot \omega' \cdot \gamma_n = 9810 \cdot 0,6 \cdot 6,78 = 39907(N)$$

Điểm đặt lực là: (xét trong hệ trục O'z)

$$z_{D'} = h_{c'} + \frac{I_o'}{\omega' \cdot h_{c'}} = 0.4(m)$$

Trong hệ trục Oz thì điểm D' có tọa độ:

$$z_{D'} = 0.4 + (5\sqrt{2} - 1.2\sqrt{2}) = 5.77(m)$$

Vậy từ đó ta có được áp lực của toàn bộ nước tác dụng lên cửa van là:

Độ lớn:

$$P = |P_1 - P_2| = 404042(N) \approx 404(kN)$$

Điểm đặt lực được xác định theo phương pháp xác định điểm đặt khi có hợp lực 2 lực song song:

Khoảng cách giữa 2 điểm đặt D và D' là:

$$\Delta l = |z_D - z_{D'}| = |4.67 - 5.77|$$

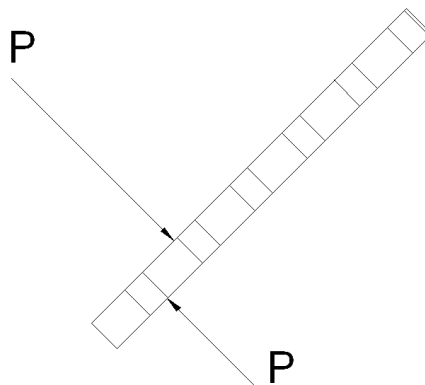
$$\rightarrow \Delta l = 1.1(m)$$

Gọi a là khoảng cách từ D' đến điểm đặt G của hợp lực P và b là khoảng cách từ D đến điểm đặt G của hợp lực P.

Ta lập được hệ phương trình sau từ phương trình cân bằng moment quanh O

$$a + b = 1.1 \text{ m}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{39907}{443949}$$



Giải ra ta được:

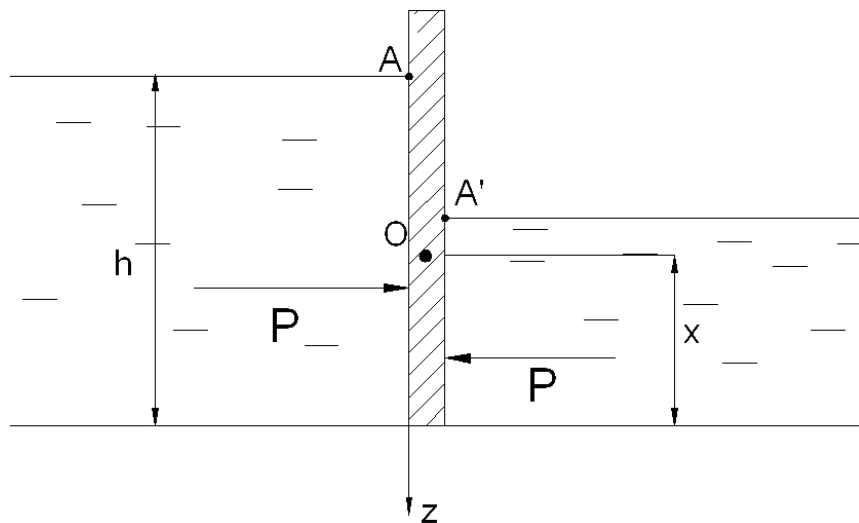
$$a = 0.09m$$

$$b = 1.01m$$

Từ đó ta xác định được điểm đặt G của hợp lực P cách O một đoạn:

$$\Delta = 5.77 - 0.09 = 5.68(m)$$

Bài 2-24:



Xét áp lực P_1 do khối nước thượng lưu gây ra

Chọn trục A_z như hình vẽ

Diện tích phần nước tiếp xúc với nước là:

$$\omega_1 = h_1 \cdot b \quad (b: \text{bề rộng của bể nước})$$

Trọng tâm có độ cao: $h_c = h_1 - \frac{h_1}{2} = \frac{h_1}{2}$

Áp lực: $P_1 = \omega_1 \cdot h_c \cdot \gamma_n = \frac{h_1 \cdot b \cdot h_1}{2} \gamma_n$

$$\rightarrow P_1 = \frac{h_1^2}{2} \cdot b \cdot \gamma_n$$

Điểm đặt: $z_D^1 = h_c + \frac{I_C}{\omega_1 h_c} = \frac{2}{3} h_1$

Từ đó ta suy ra khoảng cách giữa D và O là:

$$l_1 = |(h_1 - x) - z_D^1| = \left| \frac{1}{3} h_1 - x \right|$$

Xét tương tự cho khối nước ở hạ lưu ta có:

$$P_2 = \omega_2 \cdot h'_c \cdot \gamma_n = \frac{h_2 \cdot b \cdot h_2}{2} \gamma_n$$

$$z_D^2 = h_c + \frac{I_c}{\omega_1 h_c} = \frac{2}{3} h_2$$

Khoảng cách giữa D' và O là:

$$l_2 = |(h_2 - x) - z_D^2| = \left| \frac{1}{3} h_2 - x \right|$$

Xét điều kiện cân bằng momen quanh O:

Van bắt đầu mở khi:

$$P_2 \cdot l_2 \leq P_1 \cdot l_1$$

$$\rightarrow \frac{h_2^2 b}{2} \gamma_n l_2 \leq \frac{h_1^2 b}{2} \gamma_n l_1$$

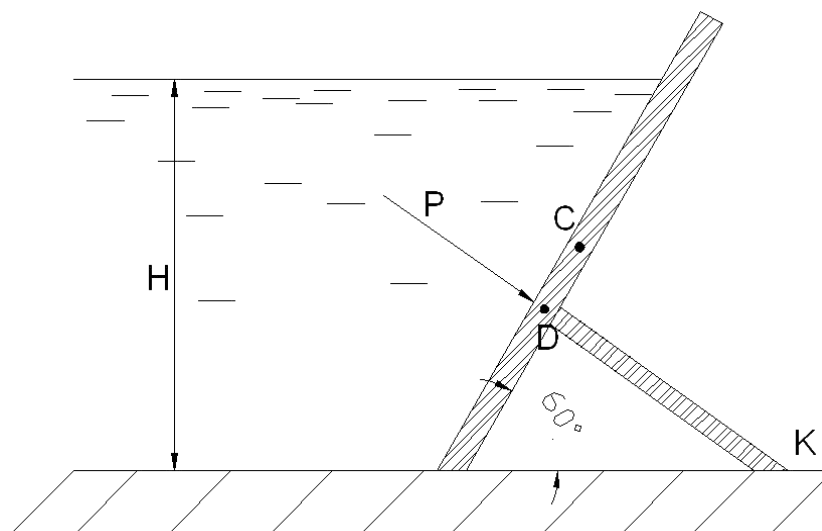
$$\rightarrow \frac{h_2^2 b}{2} \gamma_n \left| \frac{1}{3} h_2 - x \right| \leq \frac{h_1^2 b}{2} \gamma_n \left| \frac{1}{3} h_1 - x \right|$$

$$\rightarrow \frac{0,9^2 \cdot 3}{2} \left| \frac{1}{3} 0,9 - x \right| = \frac{2^2 \cdot 3}{2} \left| \frac{1}{3} 2 - x \right|$$

Giải phương trình trên ta suy đư ợc giá trị của

$$x = 0.759m$$

Bài 2.27:



Nhìn trên hình vẽ ta có nhận xét rằng hệ có xu hướng quay quanh điểm K (nằm ở chân của trụ chống). Do vậy để hệ cân bằng thì lực P do nước tác dụng vào thành van phải có phương đi qua K hay điểm D chính là điểm đặt lực của P

Chọn trục tọa độ Oz như hình vẽ:

Tọa độ điểm đặt lực P được tính theo công thức:

$$z = z_c + \frac{I_o}{\omega \cdot z_c}$$

Với:

ω là phần diện tích phần mặt tiếp xúc với nước.

$$\omega = OM \cdot b = \frac{H}{\cos[30]} \cdot b$$

I_o : là moment quán tính của mặt tiết diện tiếp xúc với nước

$$I_o = \frac{b(OM)^3}{12} = \frac{2bH^3}{9\sqrt{3}}$$

h_c : là độ cao của trọng tâm tiết diện tính từ mặt thoáng

$$z_c = \frac{H}{2 \cdot \cos[30]}$$

Từ đó ta suy ra: $z = z_c + \frac{H}{3\sqrt{3}}$ (1)

Mặt khác theo hình vẽ ta thấy:

$$z = OC + CD$$

$$OC = \frac{H}{2 \cdot \cos[30]}; \quad CD = 20\text{cm}$$

$$\rightarrow z = \frac{H}{2\cos(30)} + 20 = 20 + \frac{H}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta suy ra giá trị của H=1,04(m)

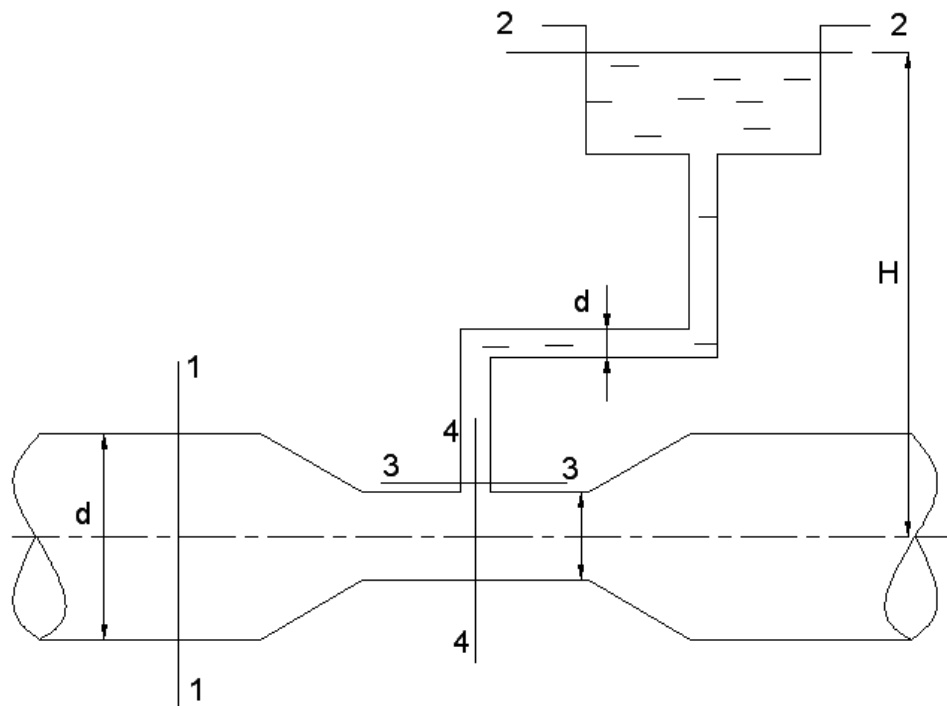
Ta tính được độ lớn của P là: $P = \omega \cdot h_c \cdot \gamma_n = \frac{H}{2\cos(30)} b \frac{H}{2} \gamma_n$

$$P=24503,9 \text{ (N)} = 24.3 \text{ (kN)}$$

Bài 2.39:

Bài tập chương 3:

Bài 3-26:



Chọn mặt O-O là mặt phẳng chuẩn để so sánh:

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt tại 2-2 và 3-3 với giá trị áp suất dư ta có:

$$z_2 + \frac{p_{2d}}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_{3d}}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_w$$

Với : $z_2 = H$; $p_{2d} = 0$; $v_2 = 0$; $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$; $z_3 = \frac{d}{2}$

Ta có thể bỏ qua giá trị tổn thất cột nước $h_w = 0$

$D_2/2$ rất nhỏ nên ta có thể bỏ qua

$$H + 0 + 0 = \frac{v_3^2}{2g} + \frac{p_{3d}}{\gamma} \quad (1)$$

Viết PT định luật Bernoulli cho 1-1 và 4-4 ta có:

$$z_1 + \frac{p_{1d}}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_4 + \frac{p_{4d}}{\gamma} + \frac{\alpha_4 v_4^2}{2g} + h_w$$

$$\rightarrow 0 + \frac{p_{1d}}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = 0 + \frac{p_{4d}}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + 0 \quad (2)$$

Thay (2) vào (1):

$$H + 0 = \frac{v_3^2}{2g} + \left(\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_4^2}{2g} + \frac{p_{1d}}{\gamma} \right)$$

$$\rightarrow v_3 = \sqrt{2g \left(H - \frac{p_{1d}}{\gamma} \right) + (v_4^2 - v_1^2)} \quad (*)$$

Với v_4 và v_1 là:

$$v_4 = \frac{Q}{\omega_4} = \frac{0,14.4}{\pi(0.1)^2} = 17.8 \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{0,14.4}{\pi(0.3)^2} = 1.98 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Ta có : $\rightarrow v_3 = 15.3(m/s)$

Vậy lưu lượng nước clo trong ống là: $Q_3 = v_3 \cdot \omega_3 = 0.0075 \left(\frac{m^3}{s} \right)$

2) Lưu lượng nước Clo trong ống là 0.5 l/s

$$v_3 = v_{40} = \frac{Q}{\omega_3} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{\pi 0,025^2} \cdot 4 = 1,02 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Từ (*) ta có:

$$v_3^2 = \left(H + \frac{v_4^2 - v_1^2}{2g} \right) 2g - \frac{p_{1d}}{\gamma} 2g$$

$$\rightarrow v_3^2 = 2g \left(H - \frac{p_{1d}}{\gamma} \right) + v_4^2 - v_1^2$$

$$\rightarrow v_4^2 = v_3^2 - 2g \left(H - \frac{p_{1d}}{\gamma} \right) + v_1^2$$

$$\rightarrow v_4 = 8,97 \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\rightarrow \omega_4 = \frac{Q_{nuoc}}{v_4} = 7,83.1^{-3} \quad (m^2)$$

$$\frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = 7,83.1^{-3} \rightarrow d_2 = 0.1(m)$$

$$3) \quad v_{clo} = v_3 = \frac{0.0001 \cdot 4}{\pi(0.025)^2} = 0.2(m)$$

$$v_1 = 1.98 \left(\frac{m}{s} \right)$$

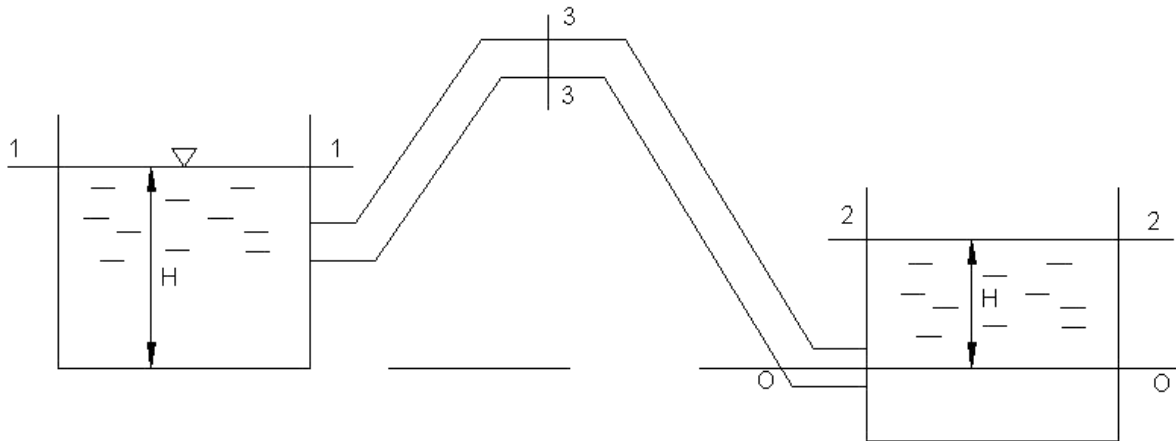
$$v_4 = \frac{0.14 \cdot 4}{\pi(0.2)^2} = 4.46(m/s)$$

Từ (*) ta có:

$$v_3^2 = 2g \left(H - \frac{p_{1d}}{\gamma} \right) + v_4^2 - v_1^2$$

$$\rightarrow H = \frac{2gp_d + \gamma(v_1^2 + v_3^2 - v_4^2)}{2g\gamma} = 9.18 \text{ (m)}$$

Bài 3.27:



Chọn mặt chuẩn 0-0 như hình vẽ

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt tại 1-1 và 2-2 với giá trị áp tuyệt đối ta có:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$

$$\rightarrow H_1 + \frac{p_{kq}}{\gamma} + 0 = H_2 + \frac{p_{kq}}{\gamma} + 0 + h_w$$

$$\rightarrow h_w = H_1 - H_2 = 3.3 - 1.5 = 1.8 \text{ m cột nước}$$

Mà: $h_w = h_{c1} + h_{c2} + h_d = 1.8 \text{ m}$

$$h_d = 0.6 \text{ m}$$

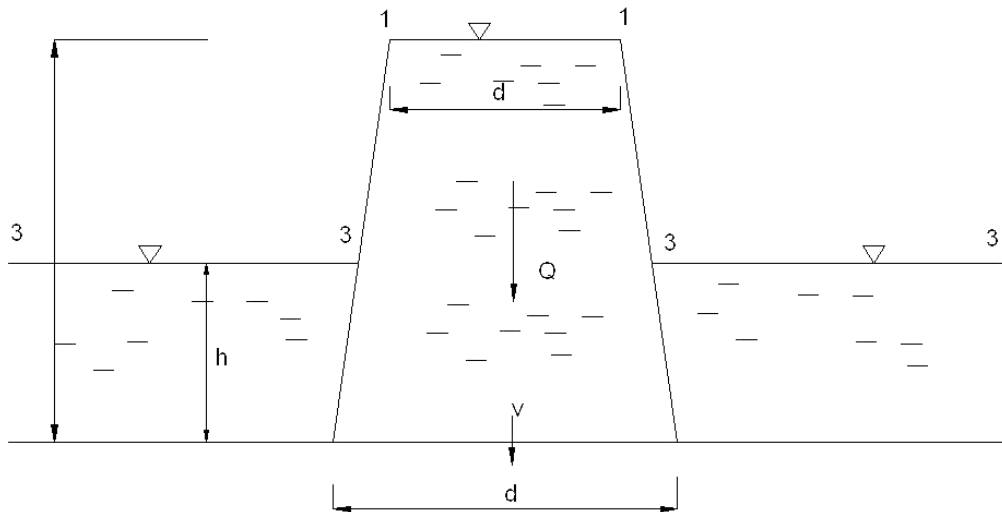
$$h_{c1} = \frac{\xi_{c1} \cdot v^2}{2g}; \quad \xi_{c1} = 0.5 \text{ (đoạn vào ống)}$$

$$h_{c2} = \frac{\xi_{c2} \cdot v^2}{2g}; \quad \xi_{c2} = 1 \text{ (đoạn vào ống)}$$

Từ đó ta có được giá trị của v:

$$\frac{\xi_{c1} \cdot v^2}{2g} + \frac{\xi_{c2} \cdot v^2}{2g} + 0.6 = 1.8 \rightarrow v =$$

Bài 3.35:



Chọn mặt chuẩn 0-0 là mặt đi qua đáy dưới của van xả như hình vẽ:

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt tại 1-1 và 3-3 với giá trị áp suất tuyệt đối ta có:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g}$$

$$\rightarrow l + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h + \frac{p_{kq}}{\gamma} + 0$$

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = 5.4 \text{ (m/s)}$$

$$v_2 = \frac{Q}{\omega_2} = 1.32 \text{ (m/s)}$$

Từ đó ta có:

$$\frac{p_1 - p_{kq}}{\gamma} = h - l - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\rightarrow p_1 - p_{kq} = -0.37at$$

Vậy:

$$p_{ck} = 0.37at$$

Bài 3.36:

Viết phương trình định luật Bernoulli cho mặt cắt 2-2 và 3-3 với mặt phẳng so sánh là mặt 0-0 như hình vẽ:

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_{W2-3}$$

Với các giá trị: $p_2 = p_{kq}; z_2 = H; v_2 = 0;$

$z_3 = 0; p_3 = p_{kq};$

$$v_3 = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 12.4 * 10^{-3}}{\pi * (150 * 10^{-3})^2} = 0.7(m/s)$$

Tổn thất cột áp sẽ bằng tổng các tổn thất dọc đường và cục bộ: $h_{W2-3} = h_W + h_d$

$h_d = k * L$ (do tổn thất dọc đường tỉ lệ với chiều dài)

$\alpha_2 = \alpha_3 = 1$

$$H = \frac{v_3^2}{2g} + h_W + k * L \rightarrow k = \frac{H - \frac{v_3^2}{2g} - h_W}{L} = \frac{4.5 - \frac{0.7^2}{2 * 9.81} - 0.5}{3} = 1.33$$

Viết phương trình định luật Bernoulli cho mặt cắt 2-2 và 1-1 với mặt phẳng so sánh là mặt 0-0:

$$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_{W1-2}$$

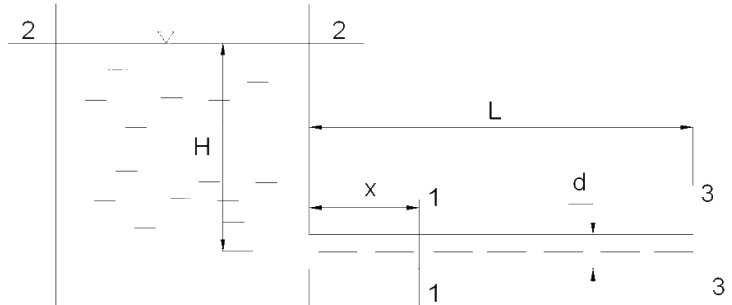
$$\rightarrow H + \frac{p_{kq}}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + h_W + k * x$$

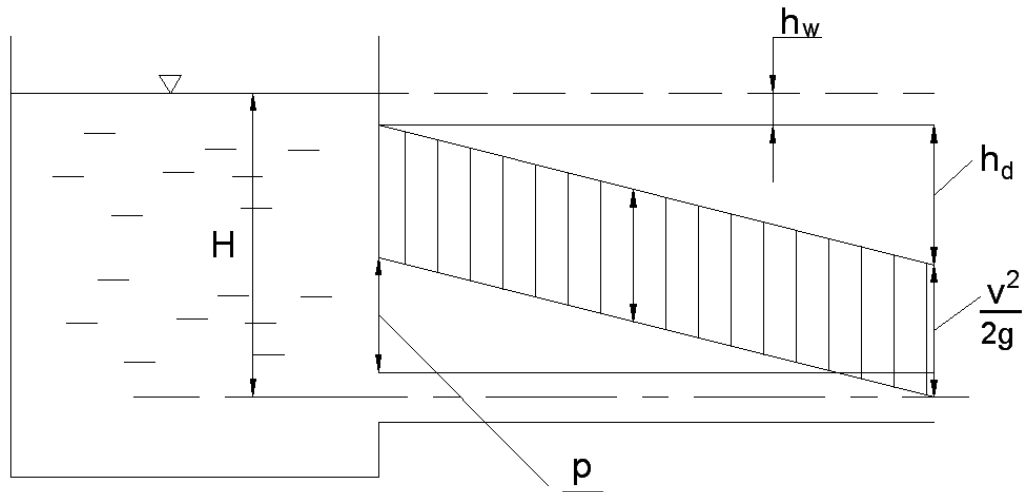
$$\rightarrow \frac{p_{1d}}{\gamma} = \frac{p_1 - p_{kq}}{\gamma} = H - \frac{v_3^2}{2g} - h_W - k * x$$

$$\rightarrow x = \frac{-\frac{p_{1d}}{\gamma} + H - \frac{v_3^2}{2g} - h_W}{k}$$

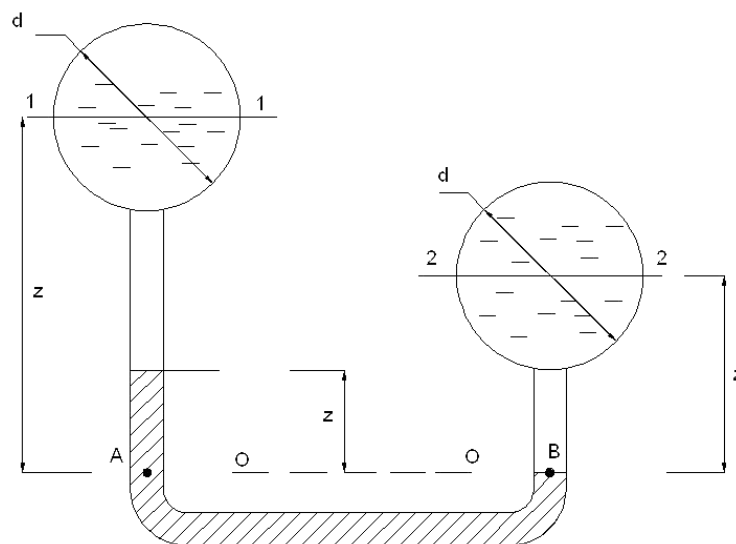
$$x = \frac{-\frac{0.1 * 98100}{9810} + 4.5 - \frac{0.7^2}{2 * 9.81} - 0.5}{1.33} = 2.24(m)$$

Vẽ đường đo áp





Bài 3.39:



Chọn mặt O-O là mặt phẳng chuẩn để so sánh:

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt tại 1-1 và 2-2 với giá trị áp tuyệt đối ta có:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$

$$\rightarrow z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + 0$$

Từ ống đo áp ta có phương trình:

$$p_{A_1} = p_{B_1}$$

$$\begin{aligned}
 &\rightarrow p_A + \gamma_n(z_1 - z) + \gamma_{tn} \cdot z = p_B + \gamma_n \cdot z_2 \\
 &\rightarrow p_A - p_B = \gamma_n \cdot z_2 - \gamma_n(z_1 - z) - \gamma_{tn} \cdot z \\
 &\rightarrow p_A - p_B = \gamma_n \cdot (z_2 - z_1) + z(\gamma_n - \gamma_{tn}) \\
 &\rightarrow \frac{p_A - p_B}{\gamma_n} = (z_2 - z_1) + \frac{z(\gamma_n - \gamma_{tn})}{\gamma_n} \\
 &\rightarrow \frac{p_A - p_B}{\gamma_n} = (z_2 - z_1) + z \left(1 - \frac{\gamma_{tn}}{\gamma_n}\right) \quad (2)
 \end{aligned}$$

Thay (2) vào (1) ta suy ra đư ợc:

$$\begin{aligned}
 \frac{p_1 - p_2}{\gamma_n} &= (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \\
 \rightarrow (z_2 - z_1) + z \left(1 - \frac{\gamma_{tn}}{\gamma_n}\right) &= (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \\
 \rightarrow z \left(1 - \frac{\gamma_{tn}}{\gamma_n}\right) &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \\
 \rightarrow v_1^2 &= -2gz \left(1 - \frac{\gamma_{tn}}{\gamma_n}\right) + v_2^2 \\
 \rightarrow v_1 &= \sqrt{2gz \left(-1 + \frac{\gamma_{tn}}{\gamma_n}\right) + v_2^2}
 \end{aligned}$$

Với: $v_2 = \frac{Q_2}{\omega_2} = \frac{Q_B}{\omega_B} = 1.5 \left(\frac{m}{s}\right)$

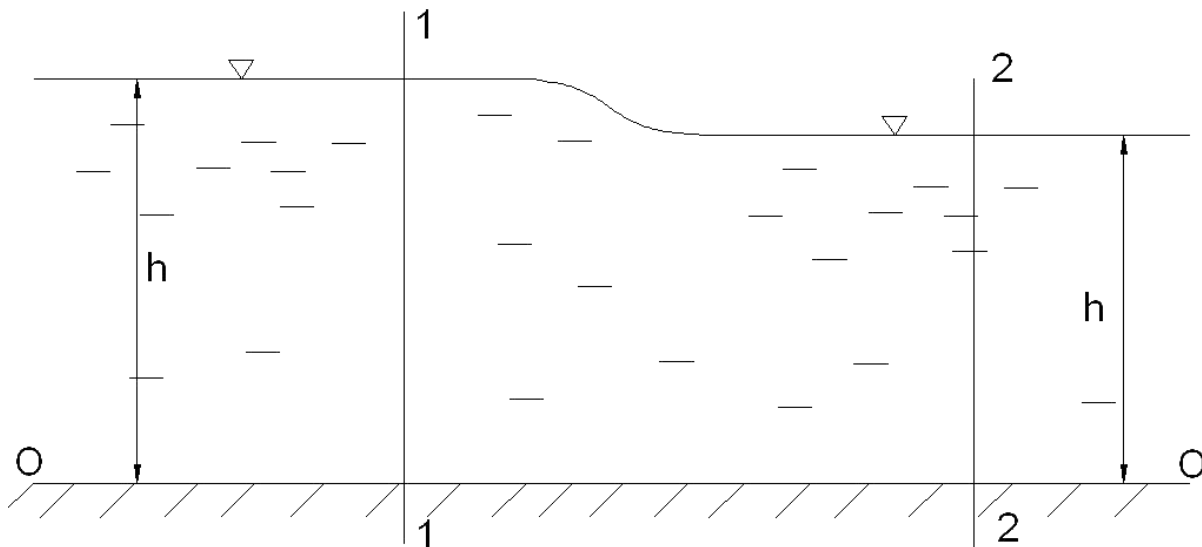
$$\rightarrow v_1 = \sqrt{2gz \left(-1 + \frac{\gamma_{tn}}{\gamma_n}\right) + v_2^2} = 2.17 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Lưu lượng nước là:

$$Q_1 = Q_A = v_1 \omega_1 = 0.017 \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$$Q_1 = 17 \left(\frac{l}{s}\right)$$

Bài 3-41:



Chọn mặt phẳng chuẩn O-O như hình vẽ

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 1-1 và 2-2 với áp suất dư:

$$\begin{aligned} \frac{p_{1d}}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{p_{2d}}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \\ \rightarrow 0 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} &= 0 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} \\ \rightarrow h_2 &= \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \frac{v_2^2}{2g} \quad (1) \end{aligned}$$

Phương trình liên tục áp dụng cho kênh tại đoạn đầu và đoạn thu hẹp;

$$\begin{aligned} Q &= v_1 h_1 b_1 = v_2 h_2 b_2 \\ \rightarrow h_2 &= \frac{v_1 h_1 b_1}{v_2 b_2} \quad (2) \end{aligned}$$

Thay (2) vào (1) ta có:

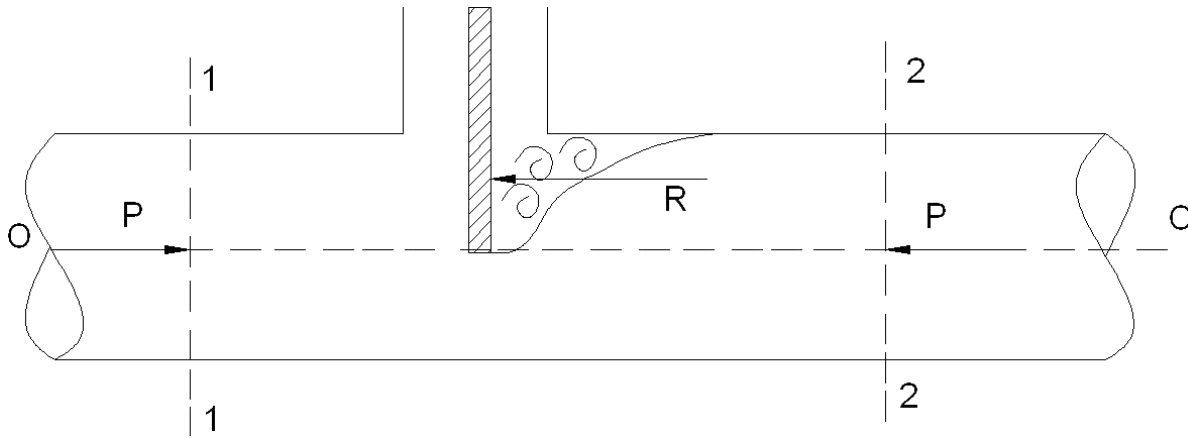
$$\begin{aligned} \frac{v_1 h_1 b_1}{v_2 b_2} &= \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \frac{v_2^2}{2g} \\ \rightarrow \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) &= \frac{Q}{v_2 b_2} + \frac{v_2^2}{2g} \\ \rightarrow b_2 v_2^3 - 2 \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) g b_2 v_2 + 2Qg &= 0 \end{aligned}$$

Sau khi thay số vào và giải ra ta được giá trị của v_2 là:

$$v_2 = 0.7547 \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\rightarrow h_2 = \frac{Q}{v_2 b_2} = \frac{18}{0.7547 * 8} = 2.98(m)$$

Bài 3.46:



Phương trình động lượng cho đoạn dòng chảy được giới hạn bởi 2 mặt cắt 1-1 và 2-2 đối với trục chiếu s nằm ngang hướng từ trái sang phải:

$$F_s = \rho \cdot Q (\alpha_{02} \cdot v_{2s} - \alpha_{01} \cdot v_{1s})$$

Coi: $\alpha_{02} = \alpha_{01}$

$$\rightarrow F_s = \rho \cdot Q (v_2 - v_1)$$

Lực ngoài gồm có:

Lực khối trọng lượng của đoạn dòng chảy là G tuy nhiên $G_s = 0$

Lực mặt:

Lực ma sát trên thành ống. Tuy nhiên ta chỉ xét 1 phần ống ngắn nên coi lực ma sát là nhỏ nên có thể bỏ qua

Áp lực nước xung quanh tác động lên mặt đứng 1-1 và 2-2: P_1, P_2

$$P_1 = p_1 \omega_1$$

$$P_2 = p_2 \omega_2$$

Phương trình định luật Bernoulli cho 2 mặt 1-1 và 2-2 với mặt O-O là mặt chuẩn:

$$z_1 + \frac{p_{1d}}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_{2d}}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{W1-2}$$

$$\rightarrow \frac{p_{1d}}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_{2d}}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\xi_{van} \cdot v_2^2}{2g}$$

Tuy nhiên do Q và ω là không đổi nên: $v_1 = v_2 = v$

Viết lại phương trình trên ta có :

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \frac{\xi_{van} \cdot v_2^2}{2g}$$

$$\rightarrow p_1 - p_2 = \frac{\xi_{van} \cdot v_2^2}{2g} \gamma$$

Goi phản lực của van tác động vào dòng nước là R

Ta có: $F_s = P_1 - P_2 + R$

$$\rightarrow \rho Q(v_2 - v_1) = (p_1 - p_2)\omega - R$$

$$\rightarrow R = -\rho Q(v_2 - v_1) + \frac{\xi_{van} \cdot v_2^2}{2g} \gamma \omega (\text{Do } v_2 = v_1)$$

$$\rightarrow R = \frac{\xi_{van} \cdot v_2^2}{2g} \gamma$$

Giá trị R = giá trị áp lực tác dụng lên cửa van: $-P = R = \frac{\xi_{van} \cdot v_2^2}{2g} \gamma$

Với: $v = \frac{Q}{\omega}$

$$\omega = ab$$

Áp dụng thay số: P=112.5 (kN)

Chương IV: Tổn thất cột nước trong dòng chảy

Bài 4-14:

$$\text{Số Re} = \frac{vd}{\nu}$$

Với nước có nhiệt độ $t = 10^\circ\text{C} \rightarrow \nu = 0.0131\text{cm}^2/\text{s}$

$$\text{Vậy ta có } \text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{13,1,2}{0,0131} = 20000 > 2320$$

Vậy nước chảy rối

Chiều dày của lớp mỏng sát thành

$$\delta_t = \frac{34,2 d}{\text{Re}_d^{0.875}} = \frac{34,2 \cdot 200}{20000^{0.875}} = 1.18(\text{mm})$$

Ta thấy:

$$\delta_t > \Delta$$

Nên nước chảy rối trong khu thành trơn thủy lực

Bài 4-20:

Tổn thất dọc đường h_d tính theo công thức Darcy:

$$h_d = \lambda \frac{l v^2}{d 2g} = 13.73(m)$$

Ta giả sử rằng nước trong ống chảy ở khu sức cản bình phương

Ta tính C theo công thức Maninh: $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

Với $R = \frac{d}{4} = \frac{250}{4} = 62,5(mm)$

$$n \approx 0.0125 \quad (\text{tra bảng với ống thường})$$

Từ đó ta có : $C = \frac{1}{0.0125} (62.5 * 10^{-3})^{1/6} = 50.4(m^{0.5}/s)$

Mặt khác ta có:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \rightarrow \lambda = \frac{8g}{c^2} = 8 * \frac{9.81}{50.4^2} = 0.03$$

Thay vào công thức h_d :

$$h_d = 0.03 * \frac{500}{250 * 10^{-3}} * \frac{v^2}{2 * 9.81} = 13.73(m) \rightarrow v = 2.01 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Với $\rightarrow v = 2.01(m/s)$ ta kiểm tra lại điều kiện chảy rối trong khu sức cản bình phương

Ta kiểm tra lại điều kiện chảy rối trong khu sức cản bình phương

$$Re = \frac{vd}{\nu} = 383587 > 2000 \rightarrow \text{chảy rối}$$

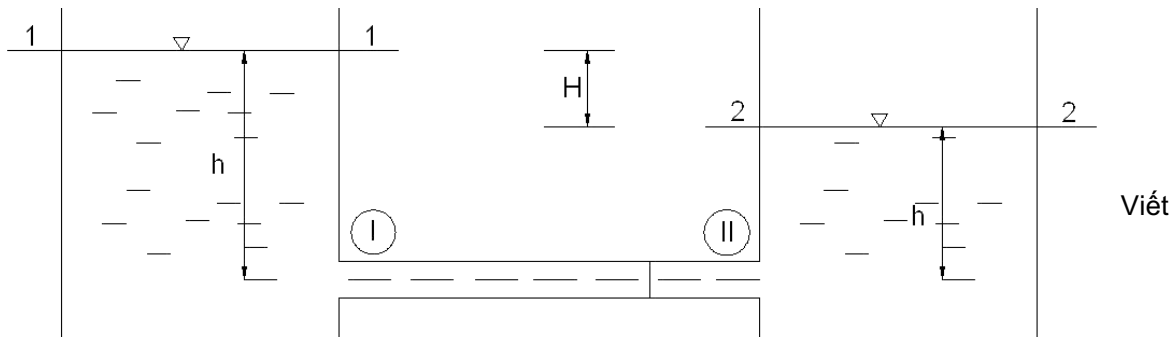
$$\delta_t = \frac{34.2d}{Re_d^{0.875}} = 0.117(mm) < \Delta = 1.35 mm$$

Vậy giả thiết đúng.

Lưu lượng nước chảy qua là:

$$Q = v \cdot \omega = 2.01 \frac{\pi(250.1^{-3})^2}{4} 0.107(m^3/s)$$

Bài 4.26:



phương trình định luật Becnuli cho mặt cắt 1-1 và 2-2 với mặt phẳng so sánh là mặt 2-2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{W1-2}$$

$$\rightarrow H + 0 + 0 = 0 + 0 + 0 + h_{W1-2}$$

$$\rightarrow H = h_{W1-2} = h_{d1-2} + h_{cI} + h_{cII}$$

Tổn thất dọc đường:

$$h_{d1-2} = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}$$

Ta xét:

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{Qd}{\omega\nu} = 99010 > 2000$$

Vậy nước chảy rối

Xét:

$$\delta_t = \frac{34.2 * d}{Re^{0.875}} = \frac{34.2 * 100}{99010^{0.875}} = 0.145(\text{mm})$$

Ta có: $\delta_t < \Delta \rightarrow$ Chảy rối trong khu vực cân bằng phương

Công thức Niucrat

$$\lambda = \frac{1}{\left(2\lg\left(\frac{r_0}{\Delta}\right) + 1.74\right)^2} = \frac{1}{\left(2\lg\left(\frac{50}{0.8}\right) + 1.74\right)^2}$$

$$\rightarrow \lambda = 0.035$$

Tổn thất cục bộ tại chỗ vào ống là:

$$h_{c1} = \xi_{\text{vao}} \frac{v_1^2}{2g} = 0.5 \frac{v^2}{2g}$$

Tổn thất cục bộ tại chỗ mở rộng ra đột ngột

$$h_{c_2} = \xi_{ra} \frac{v_1^2}{2g} = 1 \frac{v^2}{2g}$$

Vậy ta có:

$$h_{w1-2} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \xi_{vao} + \xi_{ra} \right) \frac{v^2}{2g}$$

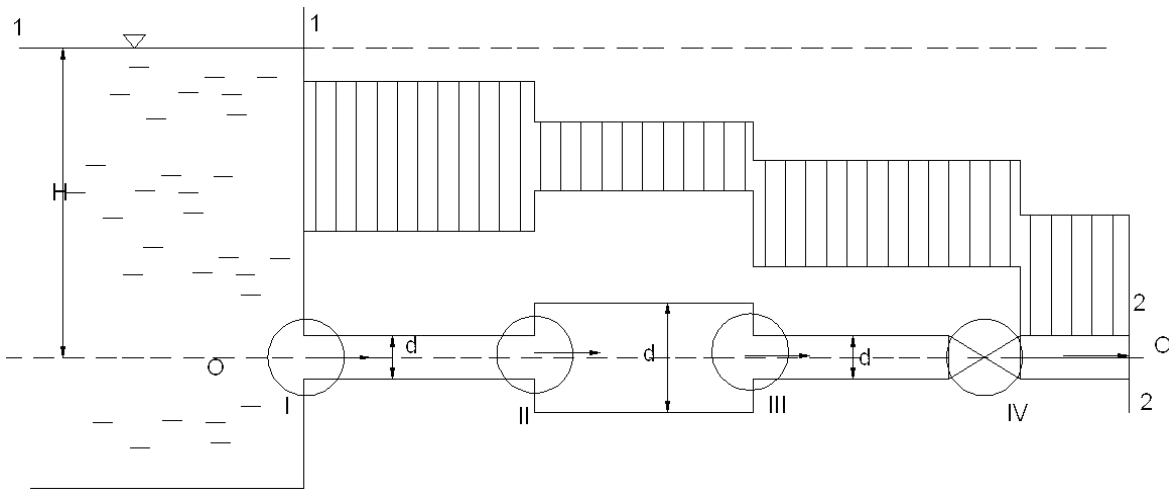
$$\rightarrow h_{w1-2} = \left(0.035 \frac{100}{100 * 10^{-3}} + 0.5 + 1 \right) \frac{1^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{w1-2} = 1.86(m) = H$$

Vậy độ chênh cao:

$$H = 1.86(m)$$

Bài 4.30:



Viết phương trình định luật Bernoulli cho mặt cắt 1-1 và 2-2 với mặt phẳng so sánh là mặt O-O:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

$$\rightarrow H + 0 + 0 = 0 + \frac{v_2^2}{2g} + 0 + h_{w1-2}$$

$$\rightarrow H = \frac{v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

$$\rightarrow H = h_{w1-2} = h_{d1-2} + h_{cI} + h_{cII} + h_{cIII} + h_{cIV}$$

Tuy nhiên do ta bỏ qua tổn thất dọc đường nên: $h_{d1-2} = 0$

Ta tính toán các tổn thất cục bộ:

$$h_{cI} = \xi_1 \frac{(v_1')^2}{2g} = 0.5 \frac{v_2^2}{2g} \quad (v_1' = v_1 = \frac{Q}{\omega})$$

$$h_{cII} = \xi_{II} \frac{(v_1')^2}{2g} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 \frac{v_2^2}{2g} = \left(1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2\right) \frac{v_2^2}{2g} = 0.24 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{cIII} = \xi_{III} \frac{(v_2)^2}{2g} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\omega}{\Omega}\right) \frac{v_2^2}{2g} = 0.245 \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{cIV} = \xi_{IV} \frac{(v_2)^2}{2g} = 4 \frac{v_2^2}{2g}$$

Thay các giá trị trên vào phương trình Bernouli:

$$H = \frac{v_2^2}{2g} + (0.5 + 0.24 + 0.245 + 4.) \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\rightarrow v_2 = \frac{2gH}{5.985} = \frac{2 * 9.81 * 16}{5.985} = 7.24 \left(\frac{m}{s}\right)$$

Từ đó ta tính được lưu lượng:

$$Q = v_2 \omega = 7.24 * 3.14 * \frac{(50 * 10^{-3})^2}{4} = 0.0142 \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$$Q = 14.2 \left(\frac{l}{s}\right)$$

Để vẽ đường đo áp ta xét thêm giá trị:

$$v_2' = \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}} = 3.7(m/s)$$

Bài 4.31:

Ta tìm lưu lượng xả ống tổ đa mà phải cho phép chảy qua. Xét phễu ở trạng thái ngập xả hoàn toàn.

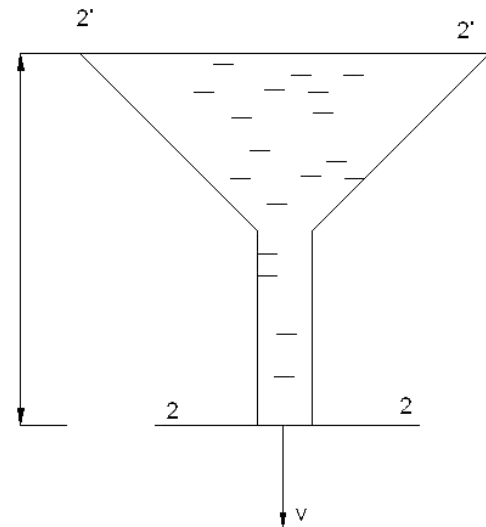
Viết phương trình định luật Bernouli cho mặt cắt 2' - 2' và 2-2 với mặt phẳng so sánh là mặt 2-2:

$$z_{2'} + \frac{p_{2'} d}{\gamma} + \frac{\alpha_{2'} v_{2'}^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2 d}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

$$\rightarrow h + 0 + 0 = 0 + \frac{v_2^2}{2g} + 0 + h_{w1-2'}$$

$$\rightarrow h = \frac{v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g} \rightarrow h = (1 + \xi) \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \xi}} = \sqrt{\frac{2 * 9.81 * 400 * 10^{-3}}{1 + 0.25}} = 2.5 \left(\frac{m}{s}\right)$$

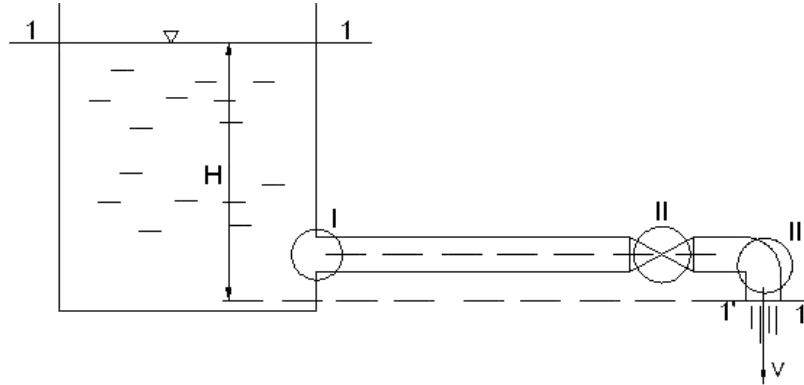


Lưu lượng tối đa cho phép qua phễu mà phễu không bị tràn là:

$$Q_2 = \omega_2 v_2 = 2.5\pi \frac{d_2^2}{4} = 4.9 * 10^{-3} \left(\frac{m}{s}\right)$$

Hay: $Q_2 = 4.9 \left(\frac{l}{s}\right)$

Xét bể chứa



Viết phương trình định luật Bernoulli cho mặt cắt 1 – 1 và 1'-1' với mặt phẳng so sánh là mặt 1'-1':

$$z_1 + \frac{p_{1d}}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_{1'} + \frac{p_{1'd}}{\gamma} + \frac{v_{1'}^2}{2g} + h_{w1-1'}$$

$$\rightarrow H + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_{1'}^2}{2g} + h_{w1-1'}$$

$$\rightarrow H = \frac{v_{1'}^2}{2g} + h_{cI} + h_{cII} + h_{cIII}$$

Trong đó $h_{cI}, h_{cII}, h_{cIII}$ tương ứng là các tổn thất cục bộ tại vị trí I, II, III trên hình vẽ

$$h_{cI} = \xi_{\text{vao}} \frac{v_{1'}^2}{2g} = 0.1 \frac{v_{1'}^2}{2g}$$

$$h_{cII} = \xi_K \frac{v_{1'}^2}{2g} = 8.5 \frac{v_{1'}^2}{2g}$$

$$h_{cIII} = \xi_{\text{uon}} \frac{v_{1'}^2}{2g} = 0.7 \frac{v_{1'}^2}{2g}$$

Thay vào phương trình Bernoulli ở trên

$$H = \frac{v_{1'}^2}{2g} + 0.1 \frac{v_{1'}^2}{2g} + 8.5 \frac{v_{1'}^2}{2g} + 0.7 \frac{v_{1'}^2}{2g}$$

$$H = 10.3 \frac{v_{1'}^2}{2g}$$

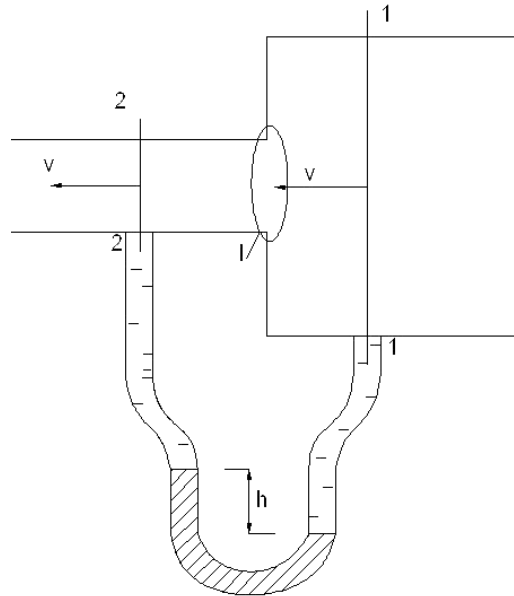
Do lưu lượng tối đa là $Q=4.9(l/s)$ nên vận tốc tối đa trong ống là:

$$v_{1'} = \frac{Q_{2'}}{\pi \frac{d_1^2}{4}} = \frac{4.9 * 10^{-3}}{3.14 * \frac{(30 * 10^{-3})^2}{4}} = 6.94 \left(\frac{m}{s} \right)$$

Vậy ta có:

$$H = 10.3 \frac{v_{1'}^2}{2g} = 10.3 \frac{6.94^2}{2 * 9.81} = 25.28(m)$$

Bài 4.33:





Bài giảng thủy lực

THỦY LỰC

(HYDRAULICS)



TS. Huỳnh công Hoài

Bộ môn Cơ Lưu Chất - Khoa Kỹ thuật Xây dựng – ĐH Bách Khoa tp HCM
www4.hcmut.edu.vn/~hchoai/baigiang

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. #NN Ẩn, NT Bấy, LS Giang, HC Hoài, NT Phương, LV Dực, “Giáo trình Thủy lực”, Lưu hành nội bộ ĐHBK tp HCM, 2005
2. Nguyễn cảnh Cẩm và các tác giả “ Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
3. Nguyễn cảnh Cẩm và các tác giả “ Bài tập Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
4. French R.H “Open channel Hydraulics”. McGra-Hill, Singapore 1986
5. Koupitas C.G. “Elements of Computation Hydraulics “. Pentic Pres, 1983
6. Haestad press. “Computer Application Hydraulic Engineering “, 2002

1 DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỖ

1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Dòng chảy đều – Dòng không đều

Dòng chảy đều có áp – Dòng chảy đều không áp (kênh hở)

Điều kiện cần để có dòng chảy đều

- Hình dạng mặt cắt ướt không đổi (kênh lăng trụ)
- Độ dốc không đổi ($i = \text{const}$)
- Độ nhám không đổi ($n = \text{const}$)

Khi dòng chảy đều xảy ra thì:

- Chiều sâu, diện tích ướt và biểu đồ phân bố vận tốc tại các mặt cắt dọc theo dòng chảy không đổi.
- Đường dòng, mặt thoáng, đường năng và đáy kênh song song với nhau.

1.2 CÔNG THỨC CHÉZY VÀ MANNING

Chézy (1769)

$$V = C\sqrt{Ri}$$

Manning $C = \frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$

→

$$V = \frac{1}{n}R^{2/3}\sqrt{i}$$

$$Q = \frac{1}{n}AR^{2/3}\sqrt{i}$$

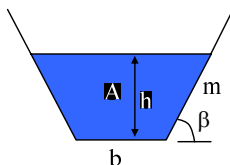
$$K = \frac{1}{n}AR^{2/3}$$

→

$$Q = K\sqrt{i}$$

K được gọi là modul lưu lượng

Công thức tính toán diện tích ướt và chu vi ướt hình thang



$m = \cotg \beta$: hệ số mái dốc

$A = b + mh$: diện tích ướt

$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$ chu vi ướt

1.3 XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NHÁM

Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số nhám như sau

Độ nhám bề mặt

Lớp phủ thực vật

Hình dạng mặt cắt kênh

Vật cản

Tuyến kênh

Sự bồi xói

Mức nước và lưu lượng

1.3.1 Trường hợp mặt cắt kênh đơn giản

Phương pháp SCS (soil Conversation Service Method)

Phương pháp dùng bảng

Phương pháp dùng hình ảnh

Phương pháp dùng biểu đồ lưu tốc

$$n = \frac{(x - 1)h^{1/6}}{6,78(x + 0,95)}$$

h : Chiều sâu dòng chảy

$$x = \frac{U_{0,2}}{U_{0,8}} \quad \begin{array}{l} U_{0,2}: \text{ Vận tốc tại vị trí } 2/10 \text{ của chiều sâu hay } 0,8 \text{ h tính từ đáy,} \\ U_{0,8}: \text{ Vận tốc tại vị trí } 8/10 \text{ của chiều sâu hay } 0,2 \text{ h tính từ đáy} \end{array}$$

Phương pháp công thức thực nghiệm

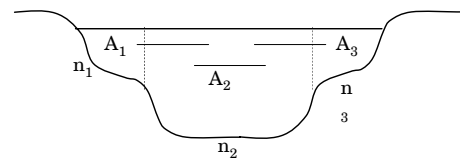
Simons và Sentruk (1976): $n = 0,047d^{1/6}$

d : Đường kính hạt của lòng kênh (mm).

1.3.2 Trường hợp mặt cắt kênh phức tạp

Cox(1973)

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i A_i}{A}$$



A_1 : Diện tích ướt của từng diện tích đơn giản

A : Diện tích ướt của toàn bộ mặt cắt.

1.4 TÍNH TOÁN DÒNG ĐỀU:

1.4.1. Bài toán kiểm tra

a. Xác định lưu lượng :

Biết : A, i, n \longrightarrow $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i}$

b. Xác định độ sâu h :

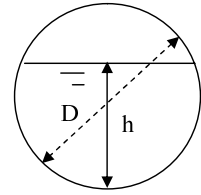
Biết : $i, n, Q, \text{ hình dạng mặt cắt kênh}$ \longrightarrow h

$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i} \longrightarrow \frac{nQ}{\sqrt{i}} = AR^{2/3} \longrightarrow$ Thử dần $\rightarrow h$

Đối với mặt cắt hình tròn có thể dùng biểu đồ

Modul lưu lượng: $K = \frac{1}{n} AR^{2/3} = \frac{Q}{\sqrt{i}}$

Modul lưu lượng khi chảy ngập : $K_{ng} = \frac{1}{n} A_{ng} R_{ng}^{2/3} = \frac{1}{n} \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} = \frac{\pi D^{8/3}}{n 4^{5/3}}$



Tính tỉ số : K/K_{ng}

Từ : K/K_{ng} Dùng biểu đồ  h/D \longrightarrow h

1.4.2 Bài toán thiết kế

a. Mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

Nếu kênh có cùng điều kiện : i, n , mặt cắt có hình dạng lợi nhất về thủy lực là :
 - Có cùng diện tích ướt A nhưng cho lưu lượng lớn nhất
 hoặc - Cùng chảy với lưu lượng nhưng có diện tích ướt A nhỏ nhất

Từ $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i}$ \longrightarrow Mặt cắt có R lớn hay có P_{min} sẽ là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

Như vậy trong tất cả các loại mặt cắt, mặt cắt hình tròn là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

b. Mặt cắt hình thang có lợi nhất về thủy lực

Nếu các mặt cắt hình thang cùng một diện tích ướt A , cùng mái dốc m , thì mặt cắt hình thang nào có chu vi ướt nhỏ nhất sẽ là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

Tỉ số giữa b/h để có mặt cắt có lợi nhất về thủy lực được xác định như sau:

$A = (b + mh)h \longrightarrow b = \frac{A}{h} - mh$

$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$

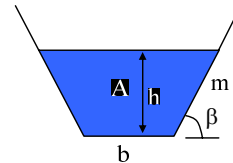
$P = \frac{A}{h} - mh + 2h\sqrt{1+m^2}$

$\frac{dP}{dh} = -\frac{A}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2}$

$\frac{dP}{dh} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{h^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = 0$

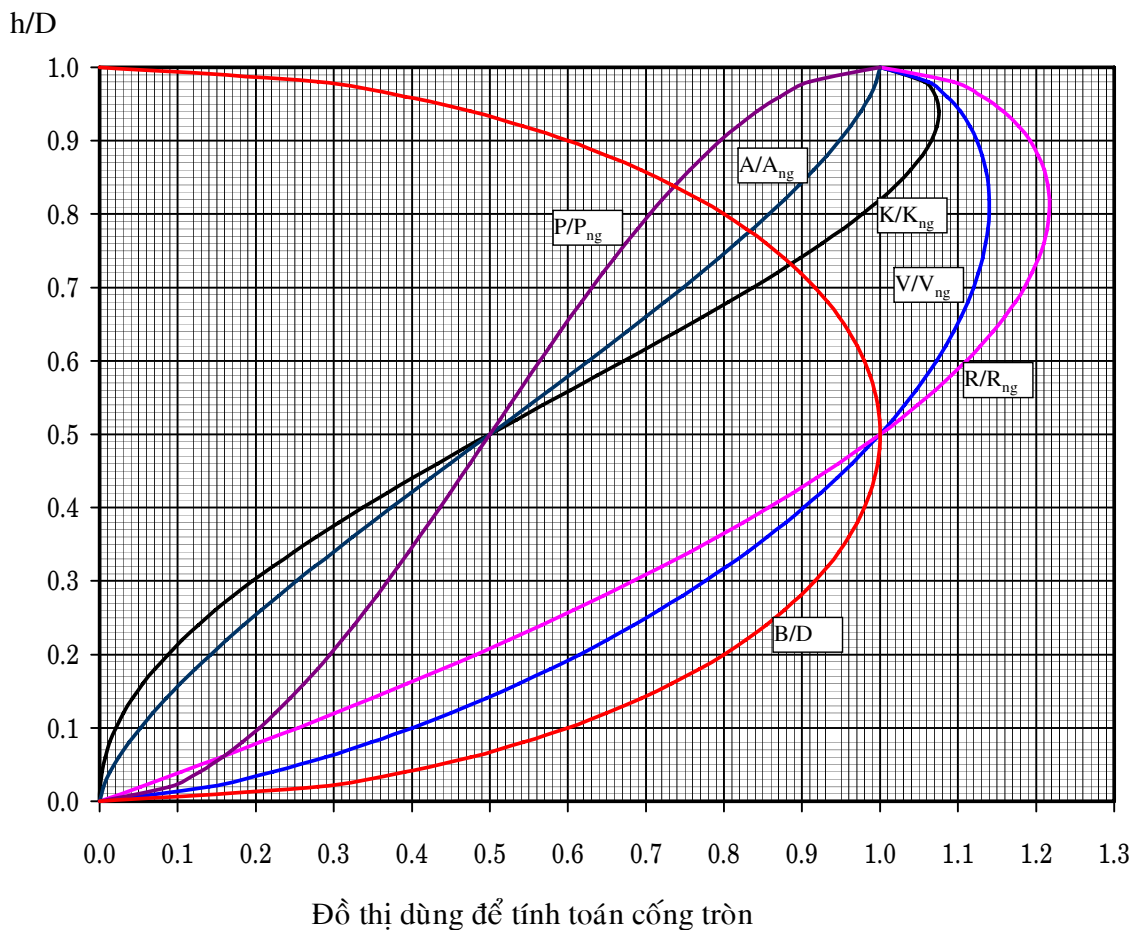
$h^2 = \frac{A}{2\sqrt{1+m^2} - m} \longrightarrow h^2 = \frac{(b + mh)h}{2\sqrt{1+m^2} - m}$

$\frac{b}{h} = 2(\sqrt{1+m^2} - m)$



c. Thiết kế kênh

- Xác định lưu lượng Q (mưa, nhu cầu xả nước ...)
- Xác định độ nhám n (loại vật liệu lòng kênh..)
- Xác định độ dốc i (phụ thuộc địa hình ..)
- Xác định hình dạng mặt cắt phụ thuộc yêu cầu thiết kế (hình tròn, hình thang, hình chữ nhật)
- Xác định kích thước kênh :
 - + Mặt cắt chữ nhật : xác định b và h , phải cho b để tìm h hoặc ngược lại, hoặc dùng điều kiện b/h của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực
 - + Mặt cắt hình thang : xác định m dựa vào điều kiện ổn định mái dốc. Xác định b và h như trường hợp mặt cắt hình chữ nhật
 - + Mặt cắt hình tròn : xác định đường kính D dựa vào tỉ số độ sâu h/D cho phép trong cống
- Kiểm tra vận tốc trong kênh phải thỏa mãn : $V_{KL} < V < V_{KX}$



CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM:

Câu 1: Câu nào sau đây đúng:

- a) Dòng đều chỉ có thể xảy ra trong kênh lắng trụ.
- b) Trong kênh lắng trụ chỉ xảy ra dòng đều.
- c) Dòng không đều chỉ xảy ra trong sông thiên nhiên.
- d) Trong kênh có diện tích mặt cắt ướn không đổi thì luôn luôn có dòng đều

Câu 2: Dòng chảy đều trong kênh hở có:

- a) Đường năng, đường mặt nước và đáy kênh song song nhau.
- b) Diện tích mặt cắt ướn và biểu đồ phân bố vận tốc dọc theo dòng chảy không đổi.
- c) Áp suất trên mặt thoáng là áp suất khí trời.
- d) Cả ba câu trên đều đúng.

Câu 3: Trong kênh có mặt cắt hình tròn đường kính D :

- a) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,90D$.
- b) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,78D$.
- c) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,46D$.
- d) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,25D$.

VỀ NHÀ suy luận ???

Câu 4: Trong dòng chảy đều:

- a) Lực ma sát cân bằng với lực trọng trường chiếu lên phương chuyển động.
- b) Lực ma sát cân bằng với lực quán tính.
- c) Lực gây nên sự chuyển động là lực trọng trường chiếu lên phương chuyển động.
- d) a và c đều đúng.

Câu 5: Trong kênh lắng trụ có lưu lượng không đổi:

- a) Độ sâu dòng đều tăng khi độ dốc i giảm.
- b) Độ sâu dòng đều không đổi độ dốc i tăng.
- c) Độ sâu dòng đều tăng khi độ dốc i tăng.
- d) Cả 3 câu trên đều sai.

Câu 6: Mặt cắt kênh có lợi nhất về mặt thủy lực :

- a) Có thể áp dụng đối với kênh có nhiều loại mặt cắt khác nhau.
- b) Đạt được lưu lượng cực đại nếu giữ diện tích mặt cắt ướt là hằng số.
- c) Đạt được diện tích mặt cắt ướt tối thiểu nếu giữ lưu lượng là hằng số.
- d) Cả ba câu trên đều đúng.

2 DÒNG ỔN ĐỊNH KHÔNG ĐỀU BIẾN ĐỔI DẦN TRONG KÊNH HỎ

Ta có thể phân 2 loại chuyển động không đều trong kênh:

- Chuyển động không đều biến đổi dần.
- Chuyển động không đều biến đổi gấp.

2.1 CÁC KHÁI NIỆM

2.1.1 Năng lượng riêng của mặt cắt:

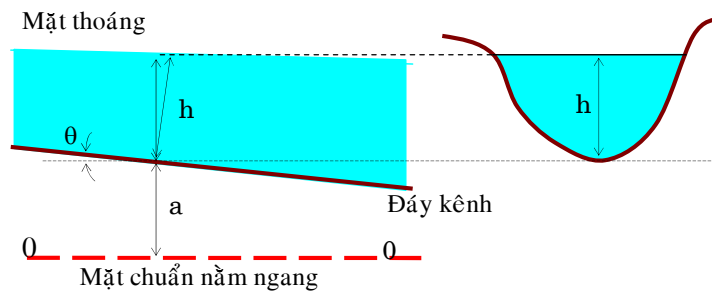
Năng lượng toàn phần E \rightarrow
$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h \cos \theta + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

$$E = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$
 \leftarrow độ dốc đáy kênh nhỏ $\cos \theta = 1$

với mặt chuẩn nằm ngang đi qua điểm thấp nhất của mặt cắt đó.

Năng lượng riêng của mặt cắt E_0

$$E_0 = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$



$$E_0 = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$

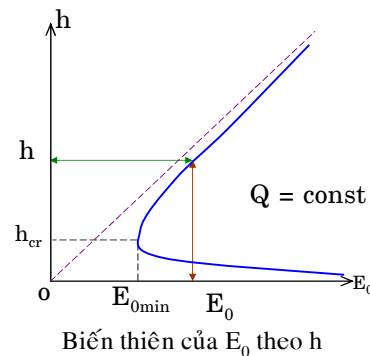
đường cong $E_0 = f(h)$

Khi $h \rightarrow \infty$ $E_0 \rightarrow \infty$ $E_0 \rightarrow h$

Đường phân giác thứ nhất $E_0 = h$,
là 1 đường tiệm cận

Khi $h \rightarrow 0$ $E_0 \rightarrow \infty$

Trục hoành E_0 là 1 đường tiệm cận



2.1.3 Độ sâu phân giới (h_{cr}):

Độ sâu phân giới h_{cr} là độ sâu để cho năng lượng riêng của mặt cắt đó đạt giá trị cực tiểu.

$$\left(\frac{dE_0}{dh} \right)_{h=h_{cr}} = 0 \quad \rightarrow \quad dA/dh = B$$

$$\frac{dE_0}{dh} = \frac{d}{dh} \left(h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right) = 1 - \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{2}{A^3} \frac{dA}{dh} \right)$$

$$\frac{dE_0}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} \quad \rightarrow \quad \text{phương trình tính độ sâu phân giới:} \quad 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

Trong đó : A_{cr} và B_{cr} là diện tích mặt cắt ướt , B_{cr} bề rộng mặt thoáng tính với độ sâu phân giới h_{cr} .

Kênh hình chữ nhật: vì $A = bh$ và $B = b$ nên

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$$

$q = Q/b$: lưu lượng trên 1 đơn vị bề rộng kênh gọi là lưu lượng đơn vị

Kênh tam giác cân: vì $A = mh^2$ và $B = 2mh$ nên

$$h_{cr} = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{gm^2}}$$

Kênh hình thang: công thức gần đúng

$$h_{cr} = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105\sigma_N^2\right) h_{crCN} \quad \text{trong đó} \quad \sigma_N = \frac{mh_{crCN}}{b} \quad h_{crCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}}$$

Kênh hình tròn: ta có thể áp dụng công thức gần đúng

$$h_{cr} = \frac{1,01}{d^{0,26}} \left(\frac{\alpha Q^2}{g}\right)^{0,25} \quad \text{với điều kiện} \quad 0,02 \leq \frac{h_{cr}}{d} \leq 0,85$$

2.1.4 Số Froude

$$Fr^2 = \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} \quad \left(\text{tỉ lệ với tỉ số} \frac{\text{lực quán tính}}{\text{trọng lực}} \right)$$

α - Hệ số sửa chữa động năng. B - Chiều rộng mặt thoáng

Nếu gọi: $C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$ vận tốc truyền sóng nhiễu động nhỏ trong nước tĩnh

số Froude thể hiện tỉ số giữa vận tốc trung bình của dòng chảy và vận tốc truyền sóng.

2.1.5 Độ dốc phân giới

Độ dốc phân giới i_{cr} là độ dốc của một kênh lắng trụ, ứng với một lưu lượng cho trước, độ sâu dòng chảy đều trong kênh h_0 bằng với độ sâu phân giới h_{cr} .

Xác định i_{cr} $Q = C_0 A_0 \sqrt{R_0 i} = C_{cr} A_{cr} \sqrt{R_{cr} i_{cr}}$

Ngoài ra $\frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g} \Rightarrow \frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha (A_{cr} C_{cr} \sqrt{R_{cr} i_{cr}})^2}{g}$

-Nếu $i < i_{cr}$ thì $h_0 > h_{cr}$.
-Nếu $i > i_{cr}$ thì $h_0 < h_{cr}$.
-Nếu $i = i_{cr}$ thì $h_0 = h_{cr}$.

suy ra

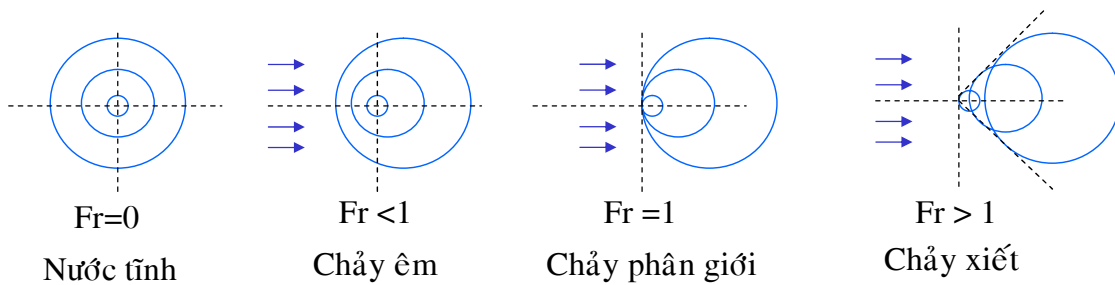
$$i_{cr} = \frac{g A_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 R_{cr} B_{cr}} = \frac{g P_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 B_{cr}}$$

2.1.6. Các trạng thái chảy

Trạng thái chảy	Phân biệt theo			
	Độ sâu h	Số Froude	Vận tốc	$\partial E_0 / \partial h$
Êm	$h > h_{cr}$	$Fr < 1$	$V < C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} > 0$
Phân giới	$h = h_{cr}$	$Fr = 1$	$V = C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} = 0$
Xiết	$h < h_{cr}$	$Fr > 1$	$V > C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} < 0$

Với C vận tốc truyền sóng trong nước tĩnh:
 B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt
Ý nghĩa vật lý trạng thái chảy

$$C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$$



2.1.6. Types of flow:

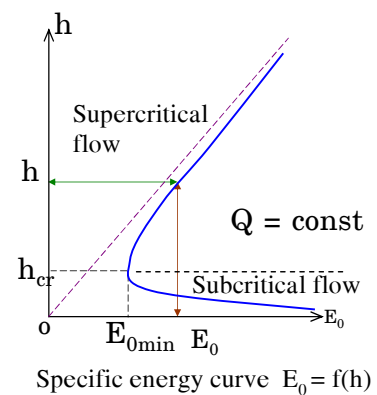
Subcritical flow :is the most common in nature and is relatively deep and slow moving.

Supercritical flow :is less common and is characterised by a very fast, relatively shallow flow

However, both may occur in the same channel at the same discharge

The ways to determine the types of flow

Type of flow	Way to determine			
	Depth h	Froude number	velocity	$\partial E_0 / \partial h$
Subcritical flow	$h > h_{cr}$	$Fr < 1$	$V < C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} > 0$
Critical flow	$h = h_{cr}$	$Fr = 1$	$V = C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} = 0$
Super-critical flow	$h < h_{cr}$	$Fr > 1$	$V > C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} < 0$

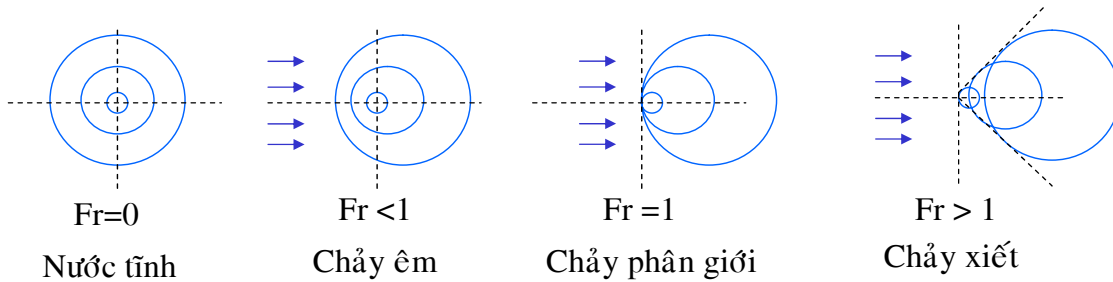


2.1.7. Ý nghĩa dòng chảy êm và xiết

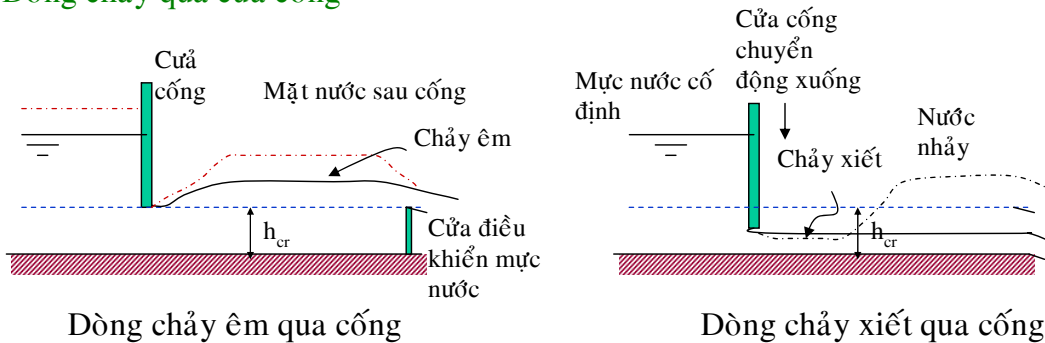
(i) Lan truyền sóng trong dòng chảy

Với C vận tốc truyền sóng trong nước tĩnh:
B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt

$$C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$$



(ii) Dòng chảy qua cửa cống



2.2 PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CƠ BẢN CỦA DÒNG ỔN ĐỊNH, KHÔNG ĐỀU BIẾN ĐỔI DẦN TRONG KÊNH HỒ

$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

$$-J = \frac{dE}{ds} = \frac{da}{ds} + \frac{dh}{ds} + \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = -i + \frac{dh}{ds} + \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right)$$

Xem qui luật tổn thất dọc đường của dòng không đều = dòng đều

=> J được tính theo công thức Chézy:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2}$$

$$\frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{dA}{ds} \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right)$$

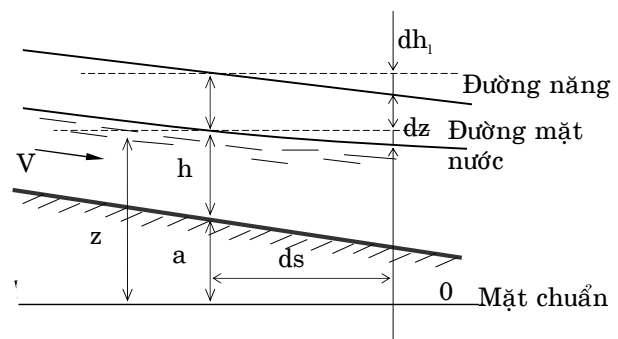
$$A = f\{s, h(s)\} \longrightarrow \frac{dA}{ds} = \frac{\partial A}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial h} \frac{dh}{ds} = \frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds}$$

$$\frac{Q^2}{A^2 C^2 R} = i - \frac{dh}{ds} + \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right)$$

$$\longrightarrow \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} \left(1 - \frac{\alpha C^2 R}{gA} \cdot \frac{\partial A}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}}$$

lãng trụ, $\partial A / \partial s = 0$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}} = \frac{i - J}{1 - Fr^2}$$



2.3 CÁC DẠNG ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH LẮNG TRỤ

2.3.1 Trường hợp kênh có độ dốc thuận $i > 0$

Modun lưu lượng K $K = K(h) = CA\sqrt{R}$

Ứng với độ sâu dòng đều h_0 $K_0 = C_0 A_0 \sqrt{R_0} \longrightarrow Q = K_0 \sqrt{i}$

Ứng với độ sâu dòng không đều h $K = CA\sqrt{R} \longrightarrow Q = K\sqrt{J}$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} = \frac{i - J}{1 - Fr^2} \longrightarrow \frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i$$

a. Trường hợp kênh lồi: $0 < i < i_{cr}$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

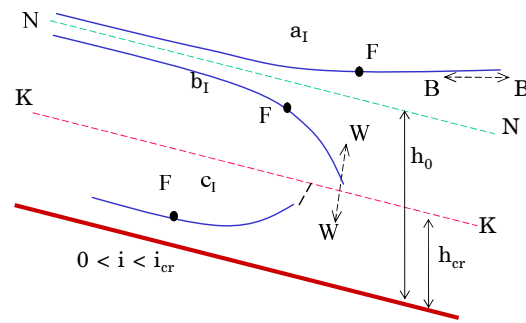
Mức nước trên khu a_1 : $h_{cr} < h_0 < h$

$K_0 < K \longrightarrow K_0^2 / K^2 < 1 \longrightarrow ts > 0$

$Fr^2 < 1 \longrightarrow ms > 0$

$\frac{dh}{ds} > 0$ đường nước dâng

$h \longrightarrow \infty$ $K \longrightarrow \infty$ $ts \longrightarrow 1$
 $Fr^2 \longrightarrow 0$ $ms \longrightarrow 1$



đường mặt nước nằm ngang

$h \longrightarrow h_0$ $K \longrightarrow K_0$ $ts \longrightarrow 0$
 $Fr^2 < 1$ $ms > 0$

đường mặt nước tiệm cận với đường N-N

$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2/K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu b_1 : $h_{cr} < h < h_0$

$$K < K_0 \rightarrow K_0^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

$$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$$

$$\frac{dh}{ds} < 0 \quad \text{đường nước hạ}$$

$$h \rightarrow h_0 \quad K \rightarrow K_0 \quad ts \rightarrow 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dh}{ds} \rightarrow 0$$

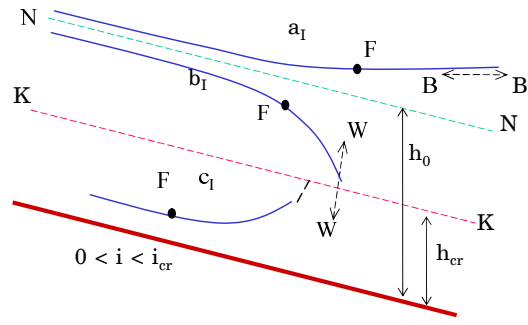
$$Fr^2 < 1 \quad ms > 0$$

đường mặt nước tiệm cận với đường N-N

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dh}{ds} \rightarrow -\infty$$

$$Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms \rightarrow 0^+$$

đường mặt nước thẳng góc với K-K



$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2/K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu c_1 : $h < h_{cr} < h_0$

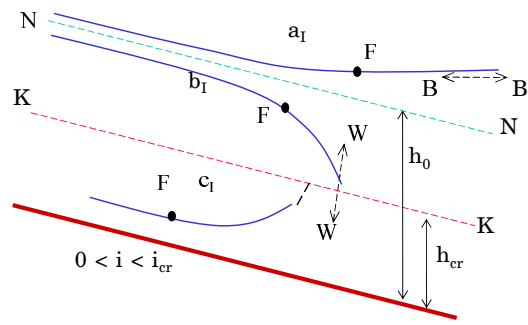
$$K < K_0 \rightarrow K_0^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

$$Fr^2 > 1 \rightarrow ms < 0$$

$$\frac{dh}{ds} > 0 \quad \text{đường nước dâng}$$

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0 \quad \rightarrow \quad \frac{dh}{ds} \rightarrow +\infty$$

$$Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms \rightarrow 0^-$$



đường mặt nước thẳng góc với K-K

b. Trường hợp kênh dốc: $0 < i_{cr} < i$

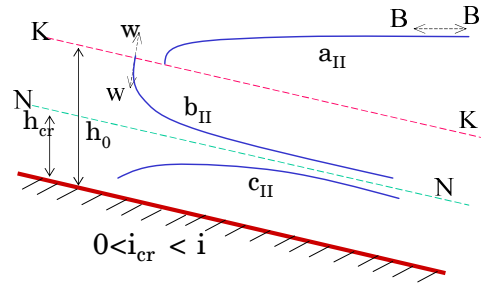
$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu a_{II}: $h_0 < h_{cr} < h$

$K_{cr} < K \rightarrow K_0^2 / K^2 < 1 \rightarrow ts > 0$

$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$

$\frac{dh}{ds} > 0$ đường nước dâng



$h \rightarrow \infty \quad K \rightarrow \infty \quad ts \rightarrow 1$
 $Fr^2 \rightarrow 0 \quad ms \rightarrow 1$

$\rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow i$

đường mặt nước nằm ngang

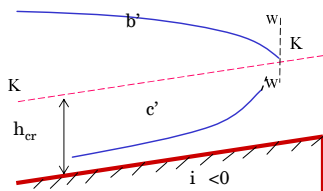
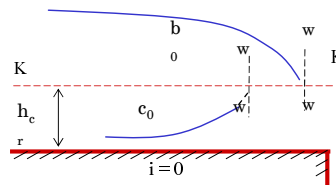
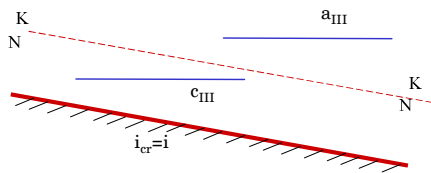
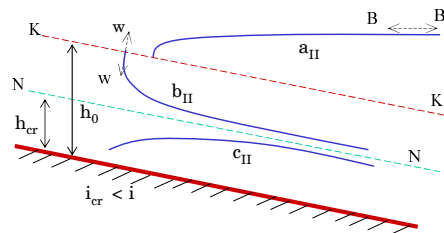
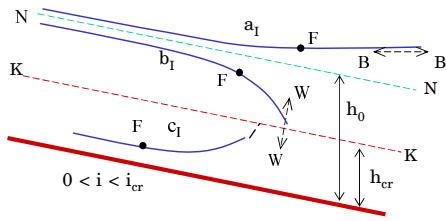
$h \rightarrow h_{cr} \quad K > K_0 \quad ts \rightarrow 0$
 $Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms > 0^+$

$\rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow \infty$

đường mặt nước thẳng góc đường K-K

Tương tự với các trường hợp còn lại ...

Bảng tóm tắt



Nhận xét

Đường nước hạ chỉ có ở khu b

Đường nước dâng ở các khu còn lại (a, c)

2.4 TÍNH TOÁN VÀ VẼ ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH

Phương pháp sai phân hữu hạn.

$$E = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + E_o$$

$$\frac{dE}{ds} = \frac{da}{ds} + \frac{dE_o}{ds}$$

$$-j = -i + \frac{dE_o}{ds}$$

$$\frac{dE_o}{ds} = i - J$$

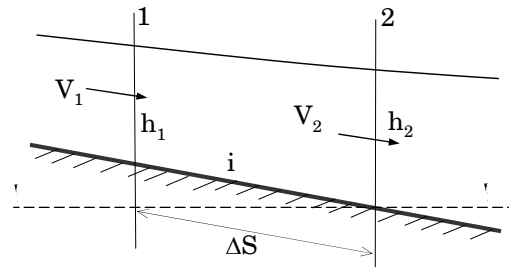
Sai phân →

$$\frac{\Delta E_o}{\Delta s} = i - \bar{J}$$

$$\Delta s = \frac{\Delta E_o}{i - \bar{J}}$$

$$\Delta s = \frac{E_{o2} - E_{o1}}{i - \bar{J}}$$

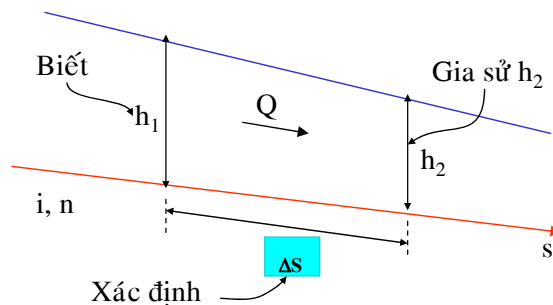
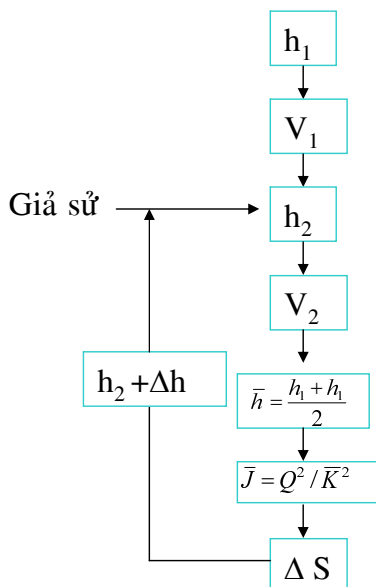
$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right)}{i - \bar{J}}$$



Cách tính toán

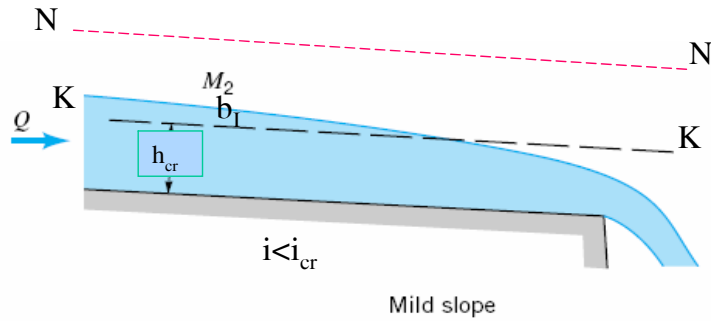
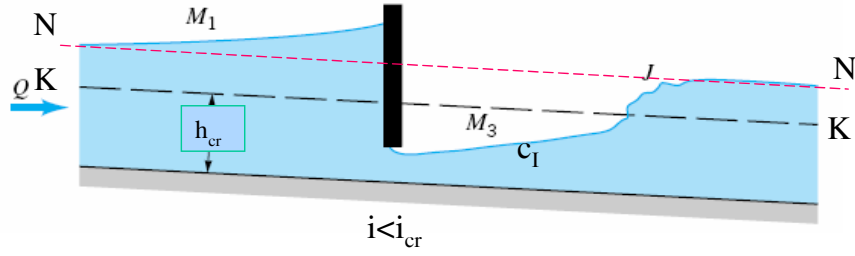
$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right)}{i - \bar{J}}$$

Biết: Lưu lượng (Q), hình dạng mặt cắt, độ dốc (i), độ nhám (n), độ sâu h_1 tại mặt cắt đầu (hoặc cuối)

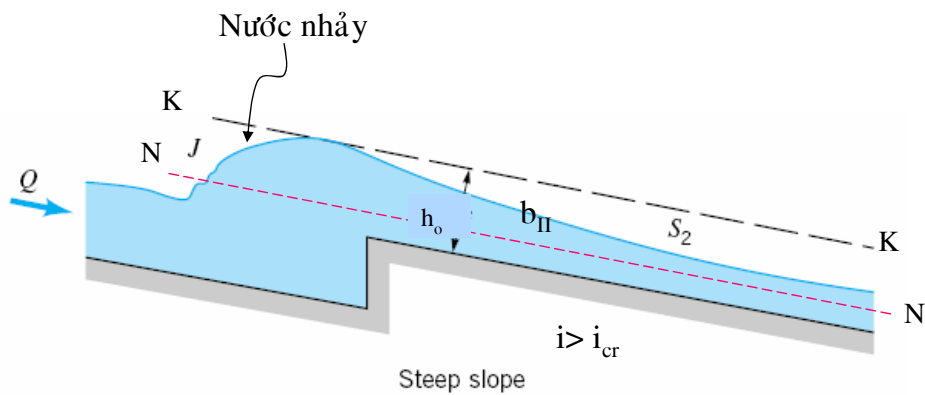
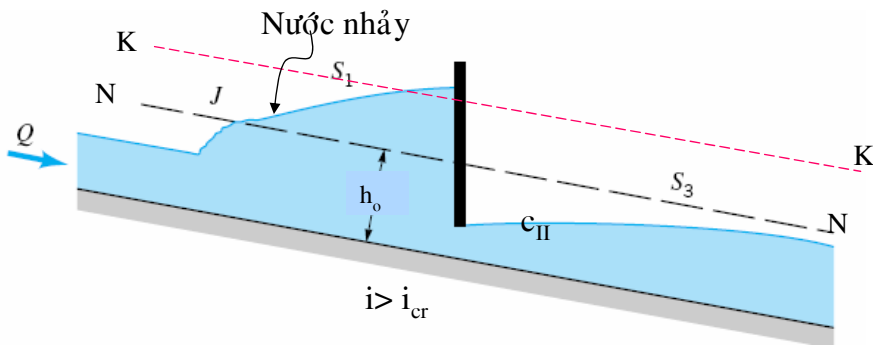


Sau khi xác định được ΔS , tương tự giả sử h_3 và xác định ΔS giữa h_2 và h_3 . Lập lại trình tự tính toán sẽ xác định được vị trí các độ sâu $h_4, h_5 \dots$ từ đó vẽ được đường mặt nước

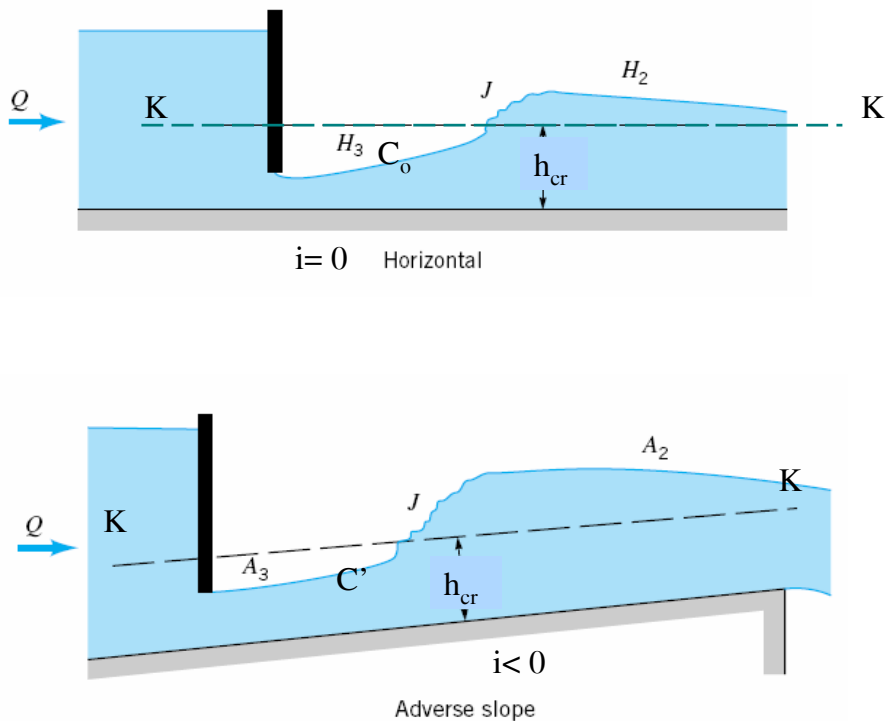
Các thí dụ về đường mặt nước



Các thí dụ về đường mặt nước



Các thí dụ về đường mặt nước



TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Một kênh có độ dốc $i > i_{cr}$, số Froude $Fr > 1$. Dòng chảy trong kênh ở trạng thái:

- a) Chảy xiết b) Chảy êm.
c) Chảy xiết nếu $h < h_0$ d) Chảy xiết nếu $h > h_{cr}$

Câu 2. Độ sâu phân giới trong kênh:

- a) Nhỏ hơn độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i > i_{cr}$.
b) Bằng độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i = i_{cr}$.
c) Lớn hơn độ sâu dòng đều khi độ dốc kênh $i < i_{cr}$.
d) Cả 3 câu trên đều đúng.

Câu 3. Một kênh có độ dốc $i > i_{cr}$, độ sâu nước trong kênh $h > h_0$. Dòng chảy trong kênh ở trạng thái:

- a) Luôn chảy xiết b) Chảy xiết nếu $h < h_{cr}$.
c) Luôn chảy êm d) Chảy êm nếu $h > h_{cr}$

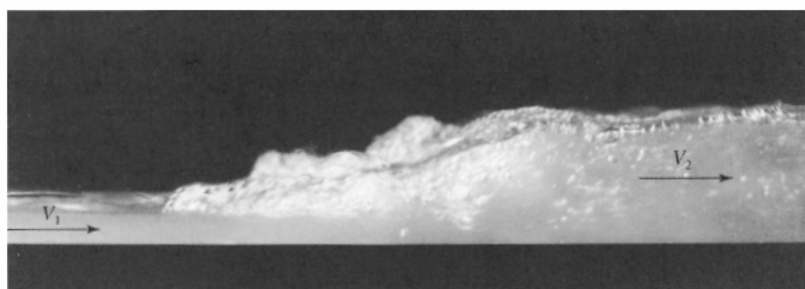
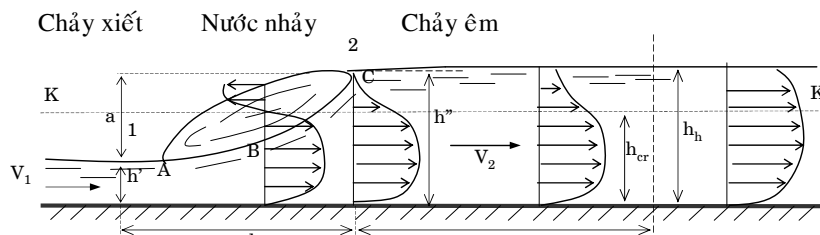
Câu 4. Một kênh có độ dốc $i > i_{cr}$, độ sâu nước trong kênh $h < h_0$.

- a) Độ sâu nước giảm dọc theo chiều dài kênh.
b) Năng lượng riêng của mặt cắt tăng dọc theo chiều dài kênh.
c) Năng lượng riêng của mặt cắt giảm dọc theo chiều dài kênh.
d) Cả 2 câu a) và c) đều đúng.

3 NƯỚC NHẢY

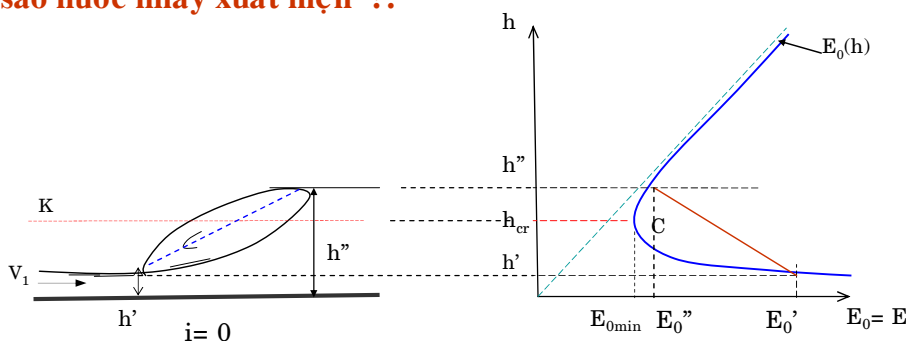
3.1 KHÁI NIỆM

Nước nhảy là một hiện tượng xảy ra khi dòng chảy đi từ chảy xiết sang chảy êm. Hiện tượng nước nhảy tạo ra một cuộn xoáy làm biến đổi đột ngột từ độ sâu chảy xiết ($h' < h_{cr}$) sang độ sâu chảy êm ($h'' > h_{cr}$).



Hydraulic jump.

Tại sao nước nhảy xuất hiện ?:



Khảo sát cho trường hợp $i = 0$
Mặt chuẩn là đáy kênh

→ Năng lượng riêng =
Năng lượng toàn phần

$$E = E_0 = \frac{\alpha V^2}{2g} + h$$

Từ biểu đồ $E(h)$ cho thấy năng lượng sẽ tăng từ E_{min} đến E'' khi độ sâu tăng từ h_{cr} đến h'' .

→ Không thể xảy ra vì năng lượng theo dòng chảy chỉ có thể giảm không thể tăng

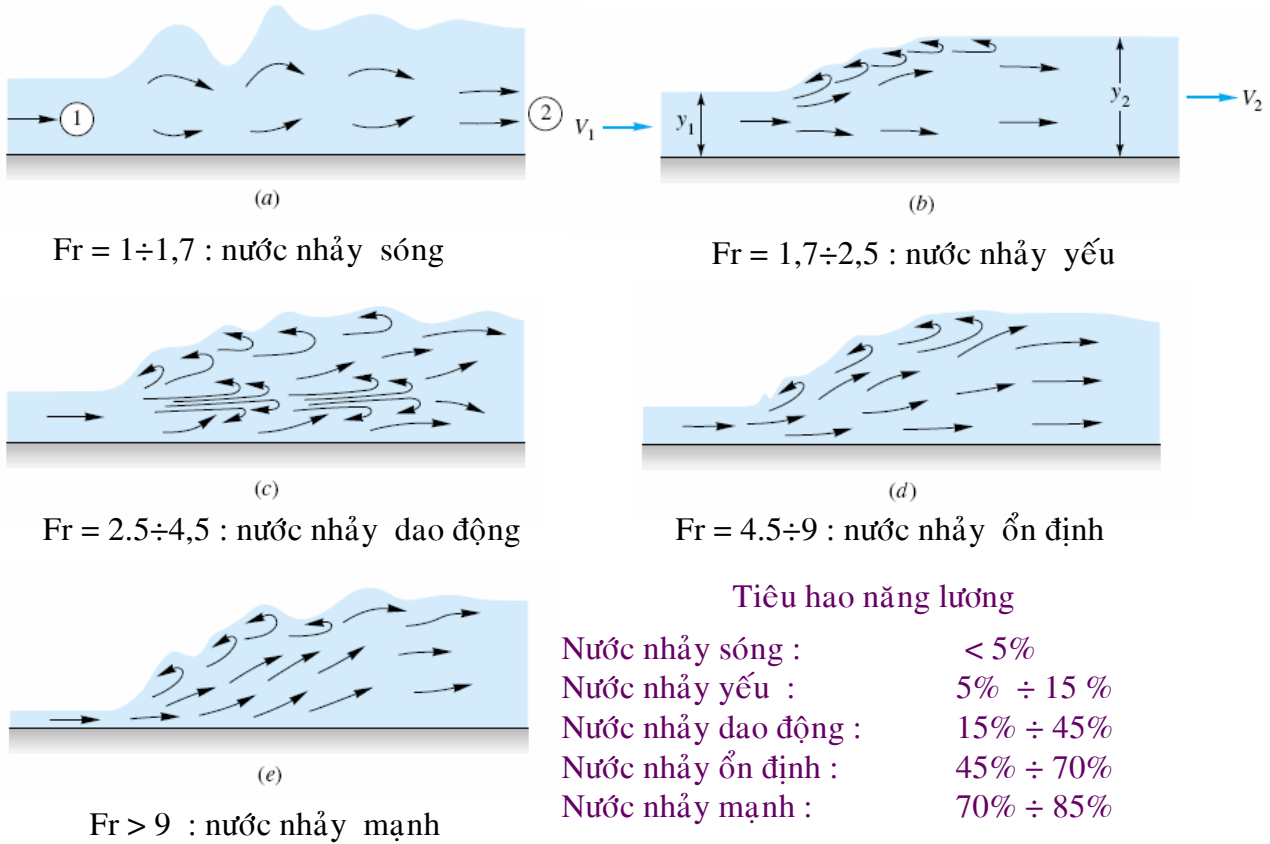
Nước nhảy

Ứng dụng nước nhảy :

Nước nhảy tạo ra một cuộn xoáy mãnh liệt nên dòng chảy qua nước nhảy sẽ bị tiêu hao năng lượng khá lớn.

Trong xây dựng dùng nước nhảy để tiêu hao năng lượng sau công trình để tránh xói lở.

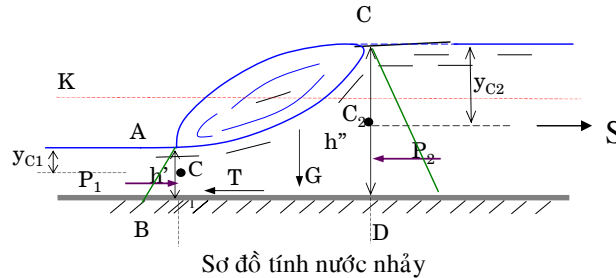
Các loại nước nhảy



3.2 PHƯƠNG TRÌNH NƯỚC NHẢY

Giả thiết:

- $i = 0$
- Mặt cắt trước và sau nước nhảy đường dòng thẳng song song - - > phân bố áp suất theo qui luật thủy tĩnh
- Bỏ qua ma sát đáy kênh



Áp dụng nguyên lý động lượng cho thể tích ABCD, chiếu trên phương s:

$$\rho Q(\alpha_{02}V_2 - \alpha_{01}V_1) = T_s + G_s + R_s + P_{1s} + P_{2s}$$

V_1, V_2 vận tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt AB, CD

T_s : lực ma sát trên lòng kênh => 0

G_s : trọng lượng khối nước trên phương S => 0

R_s : phản lực đáy trên phương S => 0

$P_{1s} = P_1$ và $P_{2s} = P_2$: áp lực nước tại h' và h''

Áp suất phân bố theo qui luật thủy tĩnh

$$P_{1s} = \gamma y_{C1} A_1$$

$$P_{2s} = \gamma y_{C2} A_2$$

Với $\alpha_{01} = \alpha_{02} = \alpha_0$

$$\alpha_0 \rho Q (V_2 - V_1) = \gamma y_{C1} A_1 - \gamma y_{C2} A_2 \quad \rightarrow \quad \frac{\alpha_0 Q^2}{g A_2} + y_{C2} A_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{g A_1} + y_{C1} A_1$$

Phương trình nước nhảy

3.3 HÀM NƯỚC NHẢY

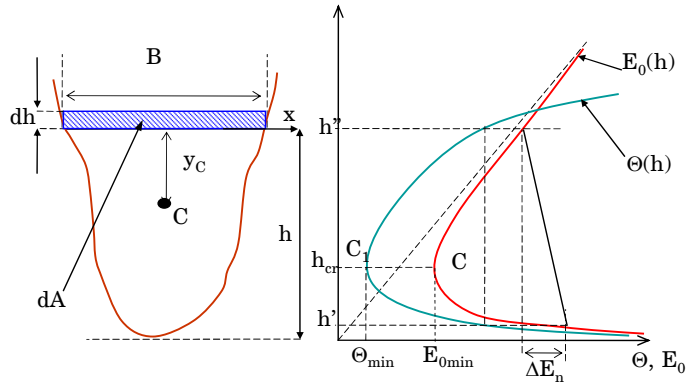
$$\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A$$

$$\frac{d\Theta}{dh} = -\frac{Q^2}{gA^2} \frac{dA}{dh} + \frac{d}{dh}(y_c A) = 0$$

trong đó:

$$\frac{dA}{dh} = B \quad \text{và} \quad \frac{d}{dh}(y_c A) \quad \text{với}$$

$(y_c A)$ là moment tĩnh của diện tích A so với trục x được xác định:



Biến thiên của E_0 và Θ theo h

Khi h biến thiên một đại lượng dh thì A biến thiên một đại lượng dA

-> moment tĩnh của mặt cắt mới $(A+dA)$ đ/v mặt thoáng $(y_c + dh)A + \frac{dh}{2} dA$

$$\frac{d(y_c A)}{dh} = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \frac{(y_c + \Delta h)A + \frac{\Delta h}{2} \Delta A - (y_c A)}{\Delta h} = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \frac{\Delta h A + \frac{\Delta h}{2} \Delta A}{\Delta h} = \lim_{\Delta h \rightarrow 0} \left(A + \frac{\Delta A}{2} \right) = A$$

$$-\frac{\alpha_0 Q^2}{gA^2} B + A = 0 \rightarrow \frac{A^3}{B} = \frac{\alpha_0 Q^2}{g}$$

$\alpha_0 = \alpha$ thì cực tiểu của hàm nước nhảy trùng với cực tiểu của hàm năng lượng riêng.

$$\Theta = \Theta_{\min}$$

$$h = h_{cr}$$

3.4 TÍNH TOÁN NƯỚC NHẢY

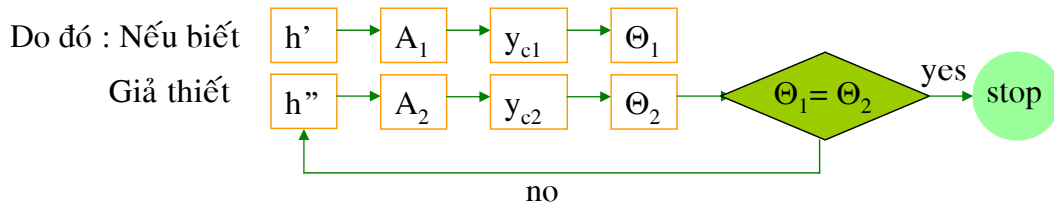
3.4.1. Chiều sâu nước nhảy:

Từ phương trình nước nhảy

$$\frac{\alpha_0 Q^2}{gA_2} + y_{c2} A_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA_1} + y_{c1} A_1$$

Suy ra khi nước nhảy xuất hiện thì hàm nước nhảy $\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A$

tại mặt cắt trước và sau nước nhảy sẽ bằng nhau: $\Theta(h_1) = \Theta(h_2)$



Trường hợp đặc biệt: Kênh hình chữ nhật: $A = bh$; $y_c = h/2$; $q = Q/b$; $h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{2g}}$

$$\Theta(h) = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA} + y_c A = b \left(\frac{\alpha_0 q^2}{gh} + \frac{h^2}{2} \right) = b \left(\frac{h_{cr}^3}{h} + \frac{h^2}{2} \right)$$

$$b \left(\frac{h_{cr}^3}{h'} + \frac{h'^2}{2} \right) = b \left(\frac{h_{cr}^3}{h''} + \frac{h''^2}{2} \right) \rightarrow h'' = \frac{h'}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h'} \right)^3} - 1 \right]$$

$$h' = \frac{h''}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h''} \right)^3} - 1 \right]$$

Công thức gần đúng mặt cho cắt bất kỳ:

Khi $h'' < 5 h_{cr}$ một cách gần đúng chiều sâu nối tiếp có thể xác định theo công thức của A. N. Rakhmanov

$$h'' = \frac{1,2 h_{cr}^2}{h' + 0,2 h_{cr}}$$
$$h' = 1,2 \frac{h_{cr}^2}{h''} - 0,2 h_{cr}$$

3.4.2 Tổn thất năng lượng nước nhảy:

$$\begin{aligned} \Delta E_n &= E_1 - E_2 \\ &= \left(h' + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) - \left(h'' + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right) \\ &= \left(h' + \frac{\alpha_1 Q^2}{2gA_1^2} \right) - \left(h'' + \frac{\alpha_2 Q^2}{2gA_2^2} \right) \end{aligned}$$

Đối với kênh chữ nhật:

$$\Delta E_n = \frac{(h'' - h')^3}{4h'h''} = \frac{a^3}{4h'h''} \quad \text{với} \quad a = h'' - h'$$

3.4.3 Chiều dài nước nhảy (l_n):

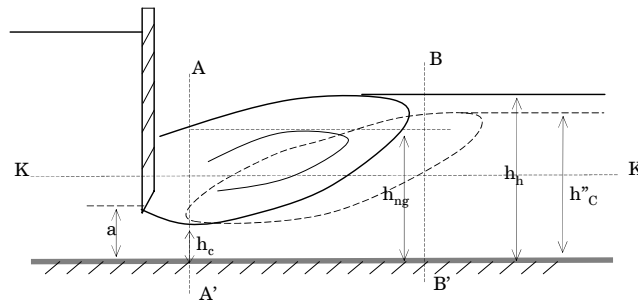
Đối với kênh chữ nhật:

Safranez (1934):	$l_n = 4,5h''$
Bakhmetiev và Matzke (1936):	$l_n = 5(h'' - h')$
Silvester (1965):	$l_n = 9,75h' (Fr_1^2 - 1)^{1,01}$

3.5 CÁC DẠNG NƯỚC NHẢY KHÁC

3.5.1 Nước nhảy ngập

Khi mặt cắt trước nước nhảy hoàn chỉnh bị ngập thì ta có nước nhảy ngập.



$$\frac{h_{ng}}{h_h} = \sqrt{1 + 2Fr_h^2 \left(1 - \frac{h_h}{h_c}\right)}$$

$Fr_h^2 = \frac{V_h^2}{gh_h}$ là số Froude ứng với độ sâu hạ lưu h_h và V_h là vận tốc ở hạ lưu

Theo Smetana, chiều dài nước nhảy ngập được tính:

$$l_{nn} = 6(h_h - h_c)$$

4 DÒNG CHẢY QUA CÔNG TRÌNH

PHẦN I DÒNG CHẢY QUA ĐẬP TRÀN

Đập tràn là một công trình ngăn dòng chảy và cho dòng chảy qua đỉnh đập.
Đập tràn được dùng để kiểm soát mực nước và lưu lượng.

Có 3 loại đập tràn thông dụng {

- Đập tràn thành mỏng*
- Đập tràn mặt cắt thực dụng*
- Đập tràn đỉnh rộng*

4.1 ĐẬP TRÀN THÀNH MỎNG $\delta < 0,67H$ i

4.1.1 Công thức tính lưu lượng

Áp dụng phương trình năng lượng hoặc dùng phương pháp phân tích thứ nguyên:

$$Q = mb\sqrt{2gH_o^{3/2}}$$

m : hệ số lưu lượng

b : bề rộng đập tràn

$$H_o = H + \frac{\alpha V_o^2}{2g}$$

V_o : Vận tốc tiến gần

Nếu thay $m_o = m \left(1 + \frac{\alpha V_o^2}{2gH} \right)^{3/2}$

$$Q = m_o b \sqrt{2gH^{3/2}}$$

m_o có thể được tính theo công thức

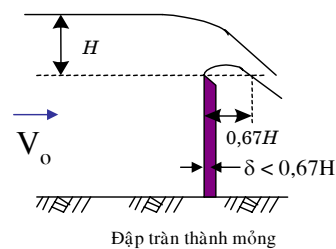
$$\text{Bazin} \quad m_o = \left(1,49 + \frac{1,49}{H} \right) \left[1 + 1,49 \left(\frac{H}{H+P_1} \right)^2 \right]$$

Với phạm vi :

$$0,2 \text{ m} < b < 2 \text{ m}$$

$$0,24 \text{ m} < P_1 < 1,13 \text{ m}$$

$$0,05 \text{ m} < H < 1,24 \text{ m}$$

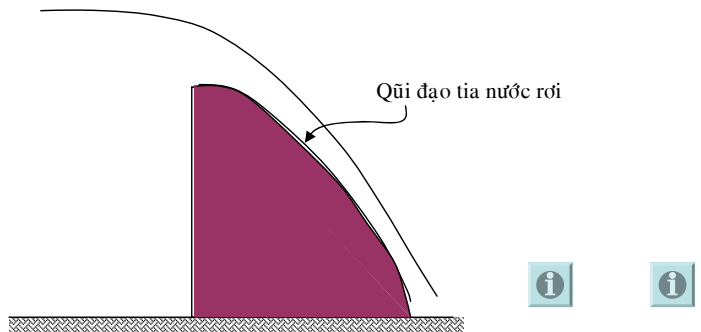
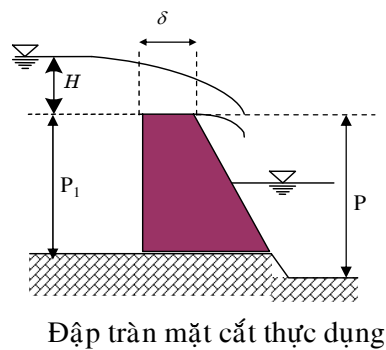


4.2 ĐẬP TRÀN MẶT CẮT THỰC DỤNG

$$0,67h < \delta < 2 \div 3H$$

Cải tiến của đập tràn mặt cắt thực dụng

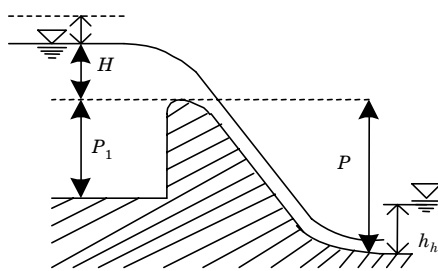
Đập tràn Creager - Ophixêrốp



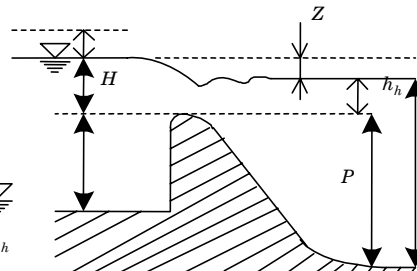
4.2.1 Các trạng thái chảy

(i) chảy tự do

(ii) chảy ngập



Chảy tự do



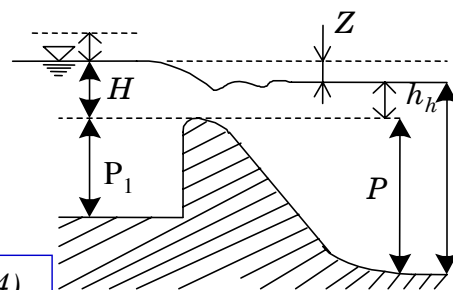
Chảy ngập

Điều kiện chảy ngập:

$$h_h > P$$

$$\left(\frac{Z}{P}\right) < \left(\frac{Z}{P}\right)_{pg}$$

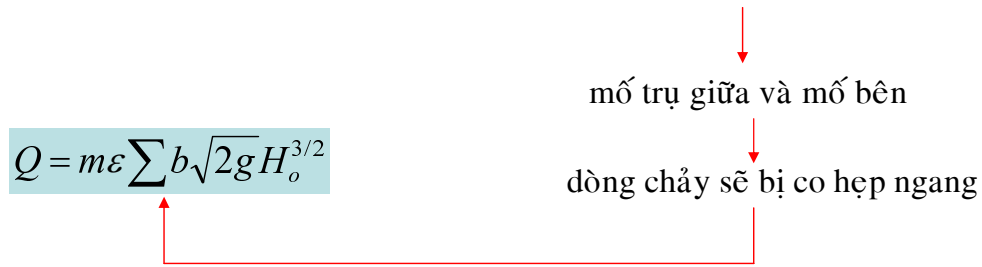
Trị số $\left(\frac{z}{P}\right)_{pg}$ phụ thuộc vào $\frac{H}{P}$ (phụ lục 4).



4.2.2 Công thức tính lưu lượng

$$Q = mb\sqrt{2gH_o^{3/2}}$$

Trong thực tế do chiều rộng đập lớn → Bề rộng đập b được chia thành nhiều nhịp



$$Q = m\varepsilon \sum b\sqrt{2gH_o^{3/2}}$$

ε : Hệ số co hẹp bên do ảnh hưởng của trụ giữa và mố bên

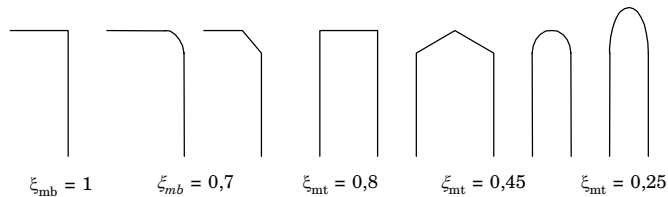
$$\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_{mb} + (n-1)\xi_{mt}}{n} \frac{H}{b}$$

ξ_{mb} : Hệ số co hẹp do mố bên

ξ_{mt} : Hệ số co hẹp do mố trụ

n : Số nhịp đập

b : Bề rộng mỗi nhịp



Hệ số co hẹp do mố trụ và mố bên

$$Q = m\varepsilon \sum b\sqrt{2gH_o^{3/2}}$$

m : hệ số lưu lượng

$$m = m_{tc} \cdot \sigma_{hd} \cdot \sigma_H$$

m_{tc} : Hệ số lưu lượng tiêu chuẩn

Đập tràn loại Creager $m_{tc} = 0,48 \div 0,5$

Đập tràn hình đa giác $m_{tc} = 0,3 \div 0,45$

phụ lục .4.3

σ_H : Hệ số điều chỉnh do cột nước tràn H khác với cột nước thiết kế (H_{tk}).

$H > H_{tk}$: Đập có chân không $\sigma_H > 1$

$H = H_{tk}$: $\sigma_H = 1$

$H < H_{tk}$: Đập không có chân không $\sigma_H < 1$

phụ lục 4.4

σ_{hd} : Hệ số điều chỉnh do thay đổi hình dạng đập so với hình dạng tiêu chuẩn

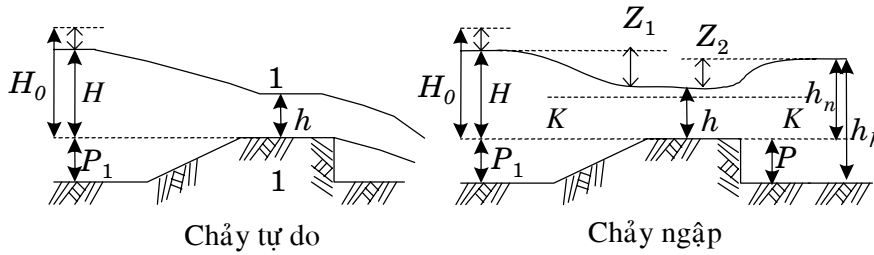
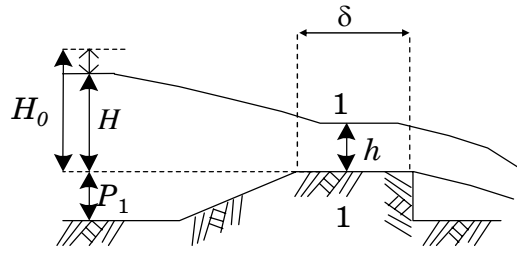
phụ lục 4.5

4.3 ĐẬP TRÀN ĐỈNH RỘNG

$$3H < \delta < 8H$$

4.3.1 Các trạng thái chảy

- (i) chảy tự do
- (ii) chảy ngập

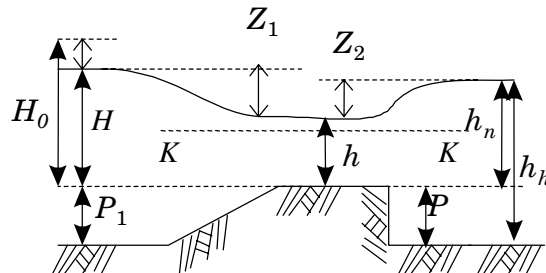


Các trạng thái chảy qua đập tràn đỉnh rộng

Điều kiện chảy ngập

$$h_h > P$$

$$\frac{h_n}{r_{10}} > \left(\frac{h_n}{r_{10}} \right)_{\text{g}} = 0,75 \div 0,85$$



Chảy ngập

4.3.2 Công thức tính lưu lượng

Trường hợp chảy không ngập

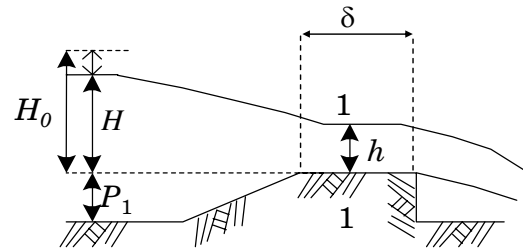
Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và 1-1

$$H_1 = \frac{\alpha V_1^2}{2g} + H = \frac{\alpha V^2}{2g} + h + h_f \leftarrow h_f = \Sigma \xi \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \Sigma \xi}} \sqrt{2g(H_1 - h)}$$

$$V = \phi \sqrt{2g(H_1 - h)}$$

$$Q = \phi A \sqrt{2g(H_1 - h)}$$



Khi cửa đập hình chữ nhật:

$$Q = \phi b h \sqrt{2g(H_1 - h)}$$

$$Q = \varphi b h \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Ta có thể biến đổi đưa về dạng như sau:

$$Q = \varphi b \frac{h}{H_0} \sqrt{2g(1 - \frac{h}{H_0})} \cdot H_0^{3/2}$$

Đặt $k = \frac{h}{H_0}$ $Q = \varphi b k \sqrt{1-k} \cdot \sqrt{2g} H_0^{3/2}$

Đặt $m = \varphi k \sqrt{1-k}$ $Q = m b \sqrt{2g} H_0^{3/2}$

m : hệ số lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng ← phụ lục 4.6

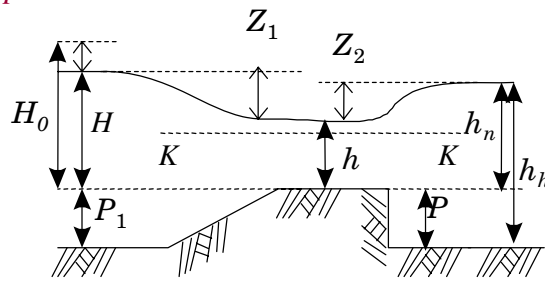
φ : hệ số lưu tốc ← phụ lục 4.7

Từ $m = \varphi k \sqrt{1-k}$ Nếu biết m và φ có thể suy ra k (k_1 và k_2) ← phụ lục 4.7

Cỡ k suy ra h (độ sâu trên đỉnh đập)

Chú ý: k_1 cho h ứng với dòng chảy xiết trên đỉnh đập
 k_2 cho h ứng với dòng chảy êm trên đỉnh đập

Trường hợp chảy ngập:



Chảy ngập

Chứng minh tương tự

$$Q = \varphi_n A \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

φ_n : hệ số lưu tốc

← phụ lục 4.7

← phụ lục 4.6

Trường hợp cửa đập hình chữ nhật:

$$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_0 - h)}$$

Thông thường mực nước h_n gần bằng h , do đó có thể tính:

$$Q = \varphi_n b h_n \sqrt{2g(H_0 - h_n)}$$

PHẦN 2: DÒNG CHẢY QUA CỐNG

Cống là tên chung để chỉ các công trình điều khiển mực nước hay lưu lượng.

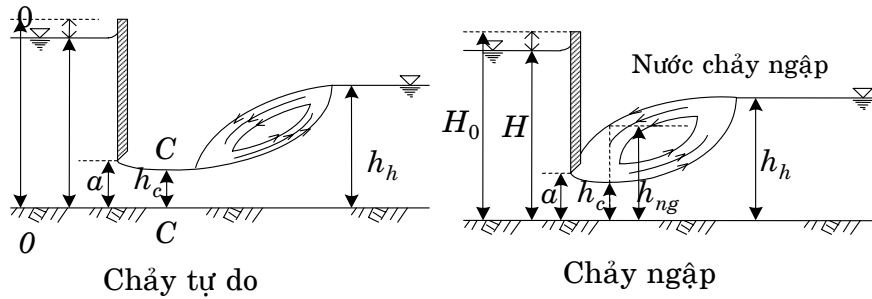
- (i) cống lộ thiên (ii) cống ngầm

4.4 CỐNG LỘ THIÊN

Cống lộ thiên là loại cống không có trần hoặc vòm



Chế độ chảy:
 ↗ Tự do
 ↘ Chảy ngập



Xác định trạng thái chảy

Giả sử nước nhảy tại mặt cắt co hẹp $h' = h_c \longrightarrow h''$

Nếu $h'' > h_h \longrightarrow$ Nước nhảy phóng xa \rightarrow Chảy tự do

$h'' < h_h \longrightarrow$ Nước nhảy ngập \rightarrow Chảy ngập

4.4.1 Công thức tính lưu lượng chảy qua cống lộ thiên:

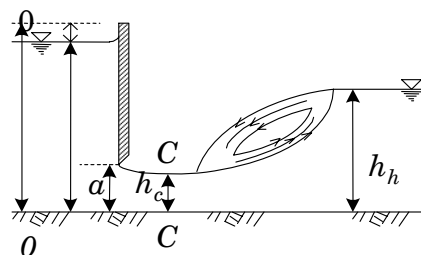
Chảy tự do

Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và c-c:

$$H_0 = h_c + \frac{\alpha V_c^2}{2g} + \sum \xi_c \frac{V_c^2}{2g}$$

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi}} \sqrt{2g(H_0 - h_c)} = \varphi \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

$$Q = V_c \times A = \varphi A \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$



Chảy tự do

Trường hợp mặt cắt cống chữ nhật:

$$Q = \varphi b h_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

$$\varepsilon : \text{hệ số co hẹp} \quad h_c = \varepsilon a \quad Q = \varphi b \varepsilon a \sqrt{2g(H_0 - \varepsilon a)}$$

phụ lục.4.8

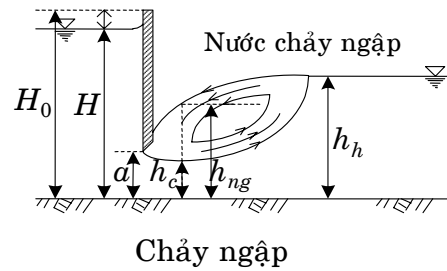
Chảy ngập

Giả thiết rằng áp suất trên mặt cắt co hẹp phân bố theo quy luật tĩnh

Viết phương trình năng lượng cho hai mặt cắt 0-0 và c-c

$$V_c = \varphi \times \sqrt{2g(H_o - h_{ng})}$$

$$Q = V_c \times A = \varphi \cdot b \cdot \varepsilon a \sqrt{2g(H_o - h_{ng})}$$



h_{ng} : xác định theo công thức nước nhảy ngập trong chương 3

Khi độ mở cổng a khá nhỏ hơn so với độ sâu h_h , thì xuất hiện nước ngập lặn $h_{ng} = h_h$

Gần đúng có thể lấy $h_{ng} = h_h$, công thức tính Q có thể viết

$$Q = \varphi b \varepsilon a \sqrt{2g(H_o - h_h)}$$

4.5 CỐNG NGẦM

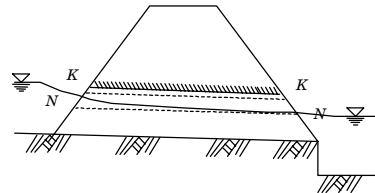
Được xây dựng qua đê, đập hoặc dưới đường có mặt cắt khép kín

Cống ngầm thường có mặt cắt hình tròn hoặc hình chữ nhật

4.5.1 Trạng thái chảy trong cống ngầm

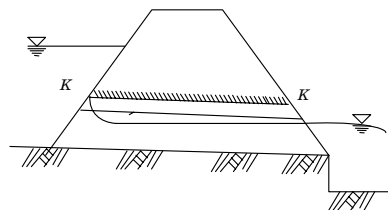
- Chảy không áp

Mức nước thượng hạ lưu thấp hơn đỉnh cống



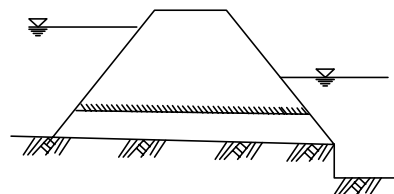
- Chảy bán áp

Mức nước thượng lưu cao hơn đỉnh cống
Mức nước hạ lưu thấp hơn đỉnh cống



- Chảy có áp

Mức nước thượng hạ lưu cao hơn đỉnh cống

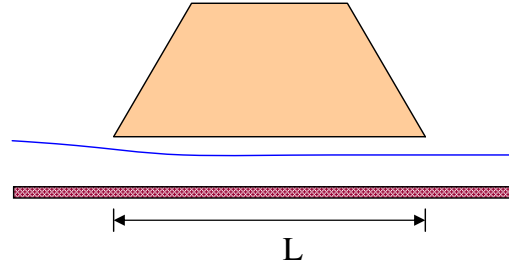


4.5.2 Công thức tính toán

a. Chảy không áp:

Chiều dài cống $L < 8H$

Tính toán như chảy qua đập **trần đỉnh rộng**

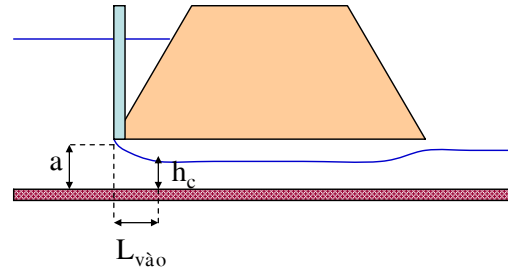


b. Chảy bán áp:

Tính toán như chảy qua đập **cống lộ thiên (hở)**

Khoảng cách từ cửa cống đến mặt cắt co hẹp có thể được xác định theo công thức thực nghiệm sau

$$L_{\text{vào}} = 1,4 a$$



c. Chảy có áp:

Tính toán như chảy qua **một ống ngắn có áp**

$$Q = \varphi_c \cdot A \cdot \sqrt{2gZ_o}$$

φ_c : Hệ số lưu tốc qua cống

A: Tiết diện ngang cống

Z: Chênh lệch mực nước thượng hạ lưu

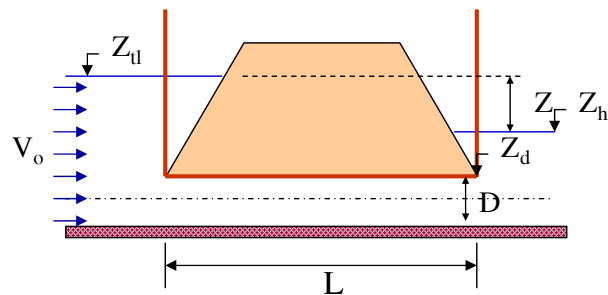
$$Z_o = Z + \alpha \frac{V_o^2}{2g}$$

φ_c : Hệ số lưu tốc qua cống

$$\varphi_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi + \frac{2gL}{C^2 R}}} \longrightarrow$$

$$Z_h > Z_d - D/2 \longrightarrow Z = Z_{tl} - Z_h$$

$$Z_h < Z_d - D/2 \longrightarrow Z = Z_{tl} - (Z_d - D/2)$$



ξ_c : Hệ số tổn thất cục bộ

L: Chiều dài cống

R: Bán kính thủy lực mặt cắt thẳng đứng cống

C: Hệ số Chezy $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Dòng chảy qua đập tràn thực dụng, ở chế độ chảy ngập, có:

- a) Mức nước hạ lưu cao hơn ngưỡng đập tràn
- b) Dòng chảy qua đập tràn là chảy êm
- c) Mức nước hạ lưu ảnh hưởng tới lưu lượng qua đập tràn
- d) Cả 3 câu đều đúng

Câu 2. Dòng chảy qua cống hở (lộ thiên), ở chế độ chảy tự do, có:

- a) Nước nhảy ngập
- b) Nước nhảy tự do
- c) Dòng chảy qua cửa cống ở chế độ chảy êm
- d) Cả 3 câu đều sai.

Câu 3. Áp suất trên bề mặt đập tràn Creager:

- a) Bằng áp suất không khí.
- b) Là áp suất chân không khi cột nước trên ngưỡng tràn cao hơn cột nước thiết kế.
- c) Lớn hơn áp suất không khí khi cột nước trên ngưỡng tràn cao hơn cột nước thiết kế.
- d) Cả 3 câu đều sai.

Câu 4. Trong công thức tính lưu lượng qua cống ngầm khi chảy có áp, hệ số lưu lưu tốc được tính

$$\varphi = 1 / \left(1 + \sum \xi_c + \frac{2gL}{CR} \right)$$

, trong đó tổn thất dọc đường chảy trong cống được tính với điều kiện dòng chảy trong cống là:

- a) Chảy rối thành trơn thủy lực
- b) Chảy rối thành nhám thủy lực
- c) Chảy rối thành hoán toán nhám
- d) Cho tất cả trạng thái chảy

Câu 10. Nếu cùng một độ sâu H trước đỉnh đập và cùng bề rộng b, dòng chảy qua đập là chảy tự do thì loại đập cho lưu lượng lớn nhất là :

- a) Đập tràn thành mỏng
- b) Đập tràn mặt cắt thực dụng
- c) Đập tràn đỉnh rộng
- d) Cả 3 đều bằng nhau



Đập tràn thành mỏng



Đập tràn thành mỏng hình tam giác





Đập tràn mặt cắt thực dụng



Đập tràn Trị An



Đập tràn Trị An- Creager Ophixêrốp



Một loại đập tràn





Cống lộ thiên



Cống ngầm mặt cắt hình tròn





Cống ngầm mặt cắt hình hộp



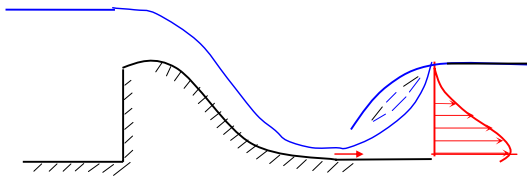
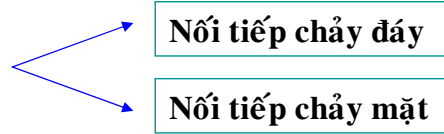
Cống ngầm mặt cắt hình hộp



5 NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG

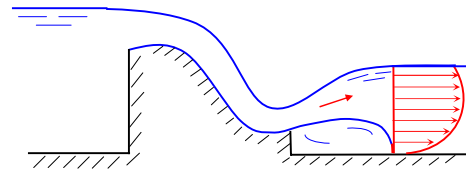
PHẦN 1. NỐI TIẾP DÒNG CHẢY Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH

Dòng chảy từ thượng lưu qua đập tràn hay qua cống được nối tiếp với kênh dẫn ở hạ lưu bằng hai hình thức



Nối tiếp chảy đáy

Vận tốc lớn xuất hiện ở đáy

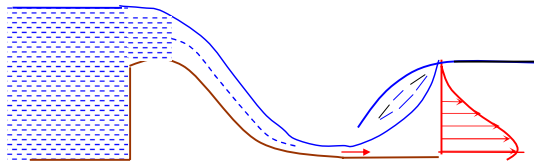


Nối tiếp chảy mặt

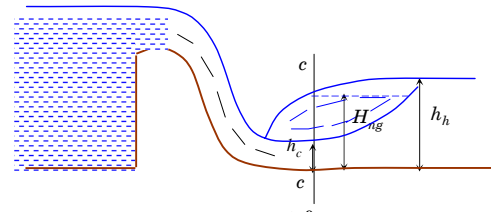
Vận tốc lớn xuất hiện ở bề mặt

5.1 NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

5.1.1 Các dạng nối tiếp chảy đáy



Nước nhảy phóng xa



Nước nhảy ngập

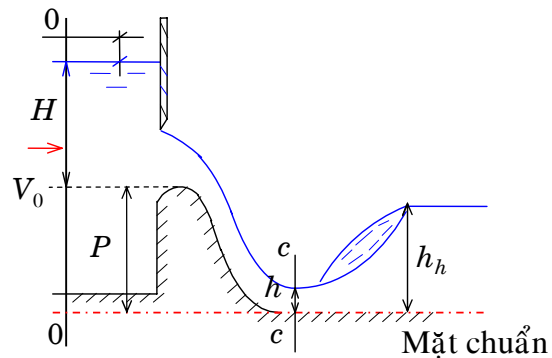
5.1.2 Công thức tính toán

Viết phương trình năng lượng cho 2 mặt cắt 0-0 và c-c.

$$H + P + \frac{\alpha V_0^2}{2g} = E_0 = h_c + \frac{\alpha_c V_c^2}{2g} + h_f$$

$$h_f = \sum \xi \frac{\alpha V^2}{2g} \quad \text{Tổn thất năng lượng}$$

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\alpha_c + \sum \xi}} \sqrt{2g(E - h_c)} = \varphi \sqrt{2g(E - h_c)}$$

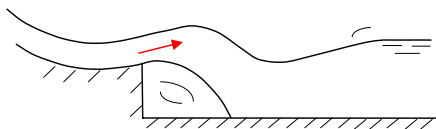


Mặt cắt hình **chữ nhật**

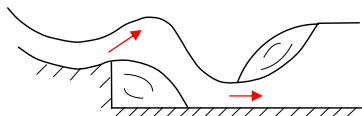
$$Q = \varphi b h_c \sqrt{2g(E_0 - h_c)} \xrightarrow{\text{thử dần}} h_c \rightarrow h''_c \rightarrow \text{So sánh } h_h \begin{cases} \text{Nhảy ngập} \\ \text{Nhảy tự do} \end{cases}$$

5.2. NỐI TIẾP CHẢY MẶT

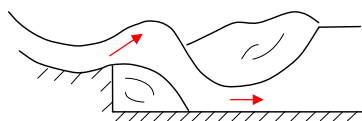
Nối tiếp chảy mặt thường gặp trong điều kiện công trình có bậc thẳng



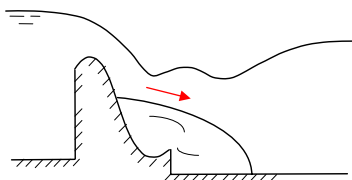
Nối tiếp chảy **mặt**



Mức nước hạ lưu dâng lên
Nối tiếp chảy **mặt đáy không ngập**

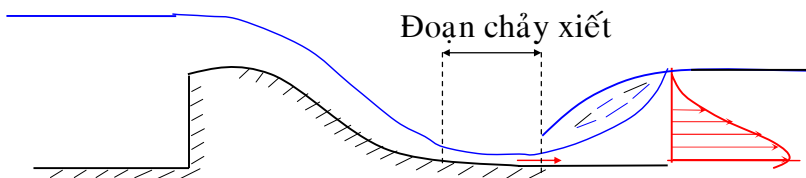


Mức nước hạ lưu dâng cao
Nối tiếp chảy **mặt đáy ngập**

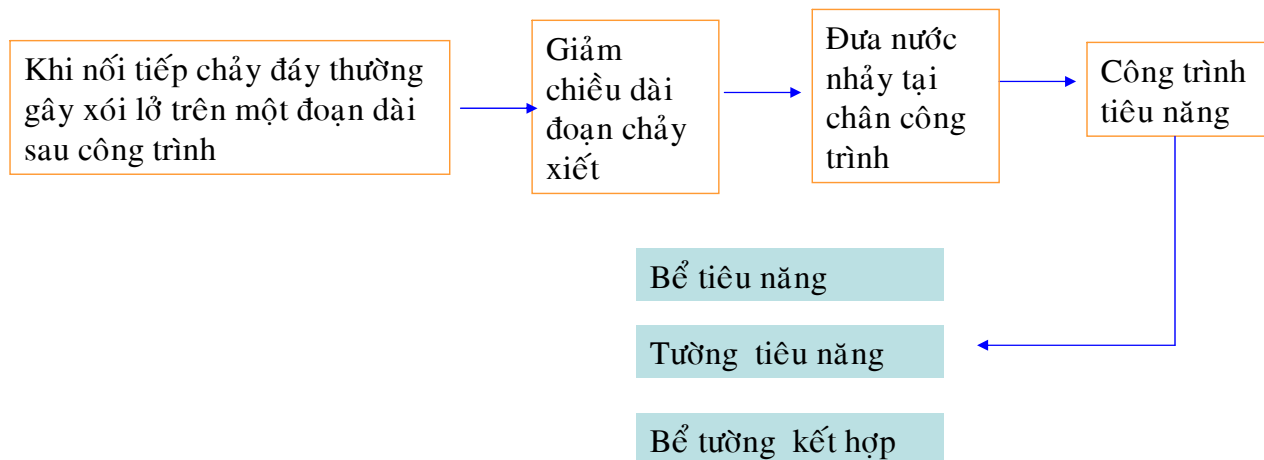


Mức nước hạ lưu tiếp tục dâng cao
Nối tiếp chảy **mặt ngập**

PHẦN 2. TIÊU NẮNG Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH



Nối tiếp chảy **đáy**



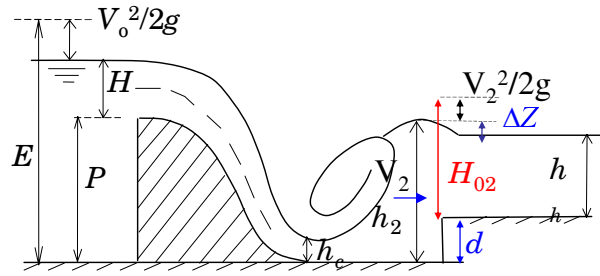
5.3 BỂ TIÊU NĂNG

Nguyên tắc tính toán :

Độ sâu d sao cho h_2 là độ sâu sau nước nhảy của h_c

Phương pháp tính toán :

h_c : xác định từ phần tính toán dòng chảy đáy



Độ sâu sau nước nhảy khi có nước nhảy tại mặt cắt co hẹp

$$\rightarrow h_2 = \frac{h_c}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h_c} \right)^3} - 1 \right]$$

Dòng chảy từ bể qua kênh hạ lưu được xem như dòng chảy qua một đập tràn đỉnh rộng

$$\rightarrow Q = \varphi' b h_h \sqrt{2g(H_{02} - h_h)}$$

$\varphi' = 0,95 - 1$ (hệ số lưu tốc qua đập tràn)

$$Q = \varphi' b h_h \sqrt{2g \left(\frac{V_0^2}{2g} + \Delta z \right)}$$

$$\rightarrow \Delta z = \frac{Q^2}{2g(\varphi' b h_h)^2} - \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\Delta z = \frac{Q^2}{2g(\varphi' b h_h)^2} - \frac{Q^2}{2g(\sigma h_c)^2}$$

$$\rightarrow d = \sigma h_2 - \Delta z - h_h$$

hệ số an toàn: $\sigma = 1,05 - 1,1$.

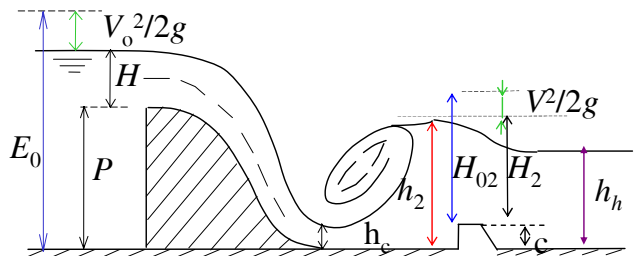
5.4 TƯỜNG TIÊU NĂNG

Nguyên tắc tính toán :

Chiều cao tường sao cho h_2 là độ sâu sau nước nhảy của h_c

Phương pháp tính toán :

h_c : xác định từ phần tính toán dòng chảy đáy



Độ sâu sau nước nhảy khi có nước nhảy tại mặt cắt co hẹp

$$\rightarrow h_2 = \frac{h_c}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{cr}}{h_c} \right)^3} - 1 \right]$$

Lưu lượng chảy qua tường tiêu năng được tính như qua đập tràn mặt cắt thực dụng

$$Q = \sigma_n m_t b \sqrt{2g} H_{02}^{3/2}$$

m_t : hệ số lưu lượng khi chảy qua tường tiêu năng $m_t = 0,4 \div 0,42$.

σ_n : hệ số ngập

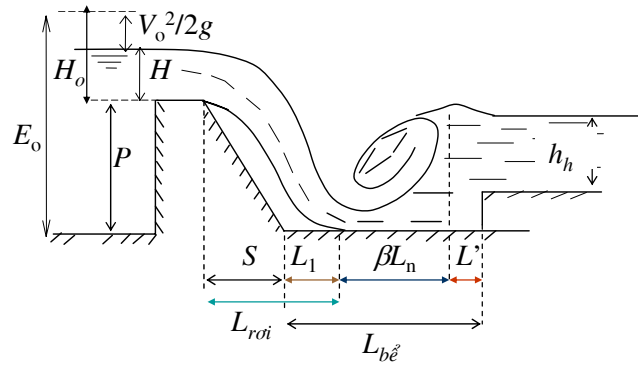
$$H_{02} = \left(\frac{Q}{\sigma_n m_t b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad \text{mà}$$

$$H_{02} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 + \frac{Q^2}{2g(\sigma h_2 b)^2}$$

$$H_2 = \left(\frac{Q}{\sigma_n m_t b \sqrt{2g}} \right)^{2/3} - \frac{Q^2}{2g(\sigma h_2 b)^2}$$

$$\rightarrow C = \sigma h_2 - H_2 \quad (\sigma = 1,05 - 1,1)$$

5.5 XÁC ĐỊNH CHIỀU DÀI BỂ



$$L_{be} = L_1 + \beta L_n + L'$$

$$L_1 = L_{roi} - S$$

Đập tràn thực dụng mặt cắt hình thang: $L_{roi} = 1,33\sqrt{H_0(P + 0,3H_0)}$

Đập tràn đỉnh rộng: $L_{roi} = 1,64\sqrt{H_0(P + 0,24H_0)}$

β là hệ số kinh nghiệm, lấy bằng $0,7 \div 0,8$

L' là chiều dài khu nước vật dưới

TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Nối tiếp chảy đáy được sử dụng nhiều so với nối tiếp chảy mặt vì

- Nối tiếp chảy đáy dễ tính toán.
- Nối tiếp chảy đáy ổn định hơn.
- Nối tiếp chảy đáy kinh tế hơn.
- Tất cả đều đúng.

Câu 2. Xét về mặt công trình thì dạng nối tiếp nước nhảy phóng xạ

- Là lợi nhất vì nó tiêu hao nhiều năng lượng nhất.
- Là bất lợi nhất vì phải gia cố hạ lưu lớn.
- Là điều không tránh khỏi.
- Tất cả đều sai.

Câu 3. Xét về mặt công trình thì dạng nối tiếp nước nhảy tại chỗ

- Cần phải xây dựng vì nó tiêu hao nhiều năng lượng nhất.
- Là không nên xây dựng vì nó không ổn định.
- Là điều không tránh khỏi.
- Tất cả đều sai.

Câu 5. Lưu lượng dùng để tính toán tiêu năng là

- Lưu lượng thiết kế.
- Lưu lượng max của dòng chảy.
- Lưu lượng min của dòng chảy.
- Tất cả đều sai

6.1 MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ ĐỊNH NGHĨA

6.1.1 Độ rỗng (n)

Tỉ lệ phần trăm thể tích giữa phần rỗng và toàn thể phần đất đá

$$n = \frac{100 W_o}{W}$$

W_o : Thể tích lỗ rỗng

W : Thể tích đất đá bao gồm cả phần rỗng và phần rắn

6.1.2 Vận tốc thấm thực và vận tốc thấm trung bình (V):

Vận tốc thấm thực tế là vận tốc thấm qua các khe rỗng của đất đá

Vận tốc thấm trung bình là vận tốc thấm được xem như thấm qua cả phần đất và phần khe rỗng của đất đá

$$V = \frac{\Delta Q}{\Delta t A}$$

ΔQ : thể tích nước thấm trong thời gian Δt

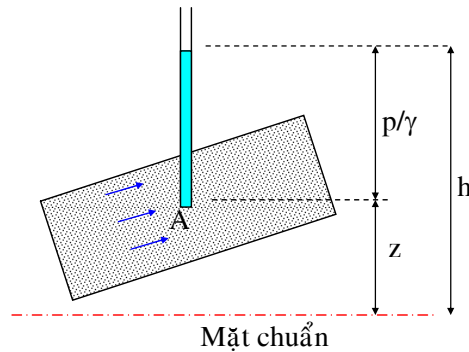
A : Diện tích mặt cắt cả phần rỗng và phần đất

6.1.3 Cột nước đo áp (thủy lực) :

$$h = \frac{p}{\gamma} + z$$

Dòng thấm → V : nhỏ → V²/2g

Cột nước đo áp ≈ cột nước năng lượng



6.1.4 Hệ số thấm (k) (Độ dẫn thủy lực)

Lưu lượng thấm trên một đơn vị tiết diện ngang của dòng thấm khi chịu tác động bởi một đơn vị cột nước thủy lực trên một đơn vị chiều dài thấm (nghĩa là có một độ dốc thủy lực bằng một đơn vị).

Loại đất	Hệ số thấm (k) (cm/s)
Sét	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁶
Bụi, bụi chứa cát	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴
Cát tuyển chọn tốt	10 ⁻³ - 10 ⁻¹

Đối với đất không đồng chất, dị hướng thì k thay đổi theo từng điểm và tại một điểm thì k_x ≠ k_y ≠ k_z

6.2 ĐỊNH LUẬT DARCY (Henry Darcy, 1856)

“Khi dòng thấm ổn định, lưu lượng thấm tỉ lệ với độ dốc cột nước do áp (hydraulic gradient) và diện tích thấm A”

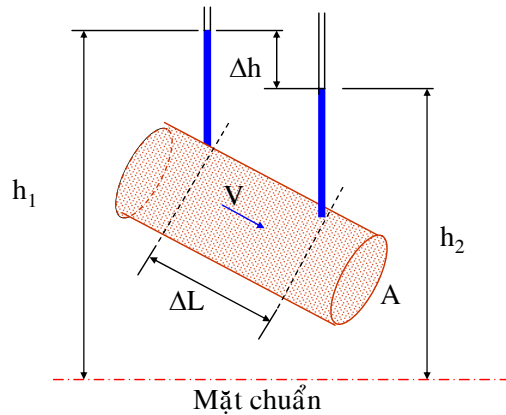
$$Q = -kA \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

$$V = -k \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

V là vận tốc thấm (vận tốc Darcy)

Tổng quát : vận tốc thấm tại từng điểm trong miền thấm

$$u = -k \frac{dh}{ds}$$



Điều kiện ứng dụng định luật Darcy

$$R_e \leq 5$$

$$R_e = \frac{Vd}{\nu n^{1/3}}$$

Với : $Re = 5$ $V \leq \frac{5\nu n^{1/3}}{d}$

6.3 CÔNG THỨC DUPUIT – FORCHERHEIMER

Trong trường hợp thấm không áp với độ dốc nhỏ, các đường dòng trên một mặt cắt ướit được xem song song thì cột nước đo áp $h = p/\gamma + z$ là hằng số tại các điểm trên một mặt cắt .

Do đó :

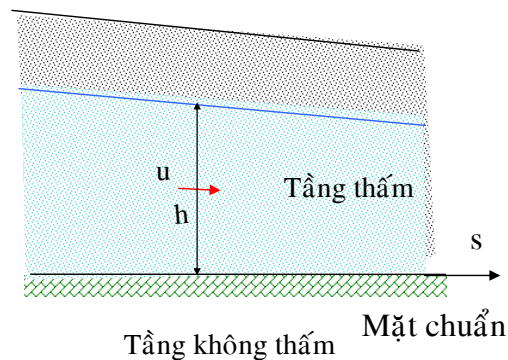
Khi đáy tầng không thấm nằm ngang, chọn làm mặt chuẩn thì h chính là độ sâu mực nước ngầm ($z = 0$)

Công thức Darcy trở thành công thức Dupuit - Forcherheimer

$$V = -k \frac{dh}{ds}$$

Với: h :độ sâu dòng thấm

V :vận tốc được xem phân bố đều trên mặt cắt



6.4 CHUYỂN ĐỘNG ỔN ĐỊNH CỦA DÒNG THẨM VÀO GIẾNG NƯỚC.

6.4.1. Giếng phun: Thẩm có áp

Xét một mặt trụ bán kính r
đồng trục với thành giếng

Vận tốc

$$V = k \frac{dh}{dr}$$

Lưu lượng thẩm qua mặt
trụ bán kính r , cao b

$$Q = k(2\pi rb) \frac{dh}{dr}$$

$$\rightarrow dh = \frac{Q}{2\pi kb} \frac{dr}{r}$$

Tích phân từ r_0 đến r ứng với h từ h_0 đến h

$$h - h_0 = \frac{Q}{2\pi kb} \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

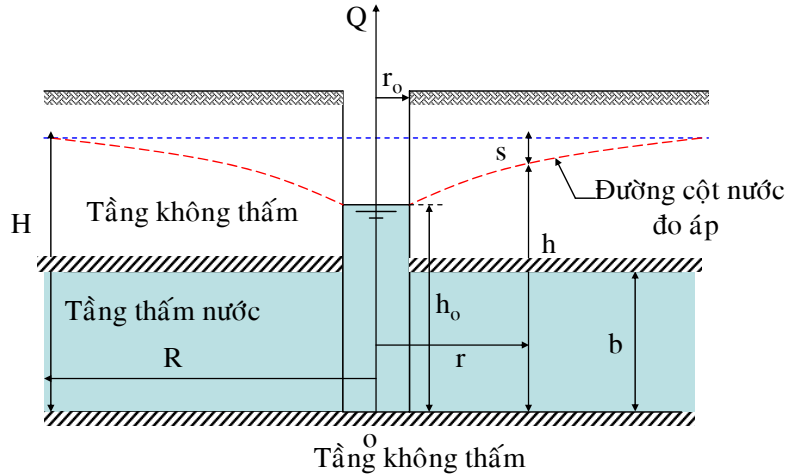
Gọi : R bán kính ảnh hưởng, H chiều cột nước đo áp khi chưa bơm

Tích phân từ r_0 đến R ứng với h từ h_0 đến H

$$H - h_0 = \frac{Q}{2\pi kb} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)$$

$S = H - h_0$: chiều sâu hút nước

$$Q = \frac{2\pi kbS}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)}$$



6.4.2 Giếng thường

Xét mặt trụ tròn đồng tâm
với thành giếng, bán kính r

Vận tốc

$$V = k \frac{dh}{dr}$$

Lưu lượng dòng thẩm
qua mặt trụ

$$Q = 2\pi krh \frac{dh}{dr}$$

$$\rightarrow h dh = \frac{Q}{2k\pi} \frac{dr}{r}$$

Tích phân từ r_0 đến r ứng với h từ h_0 đến h

$$h^2 - h_0^2 = \frac{Q}{k\pi} \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$$

Tích phân từ r_0 đến R ứng với h từ h_0 đến H

$$H^2 - h_0^2 = \frac{Q}{k\pi} \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)$$

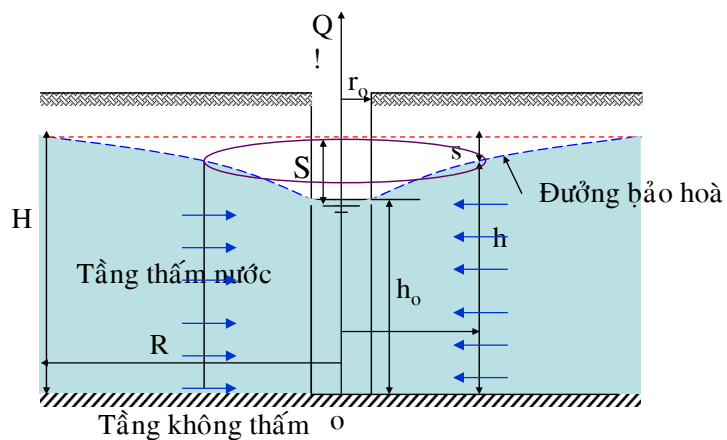
$$\rightarrow Q = \frac{k\pi(H^2 - h_0^2)}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)}$$

$$Q = \frac{2\pi HS}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)} \left(1 - \frac{S}{2H}\right)$$

$$S = H - h_0$$

Khi $S/2H \approx 0$

$$Q = \frac{2\pi HS}{\ln\left(\frac{R}{r_0}\right)}$$



R được xác định :

Theo từng loại đất mà lấy gần đúng như sau:

- Đối với đất cỡ hạt trung bình

$$R=250m \div 500m$$

- Đối với đất hạt to

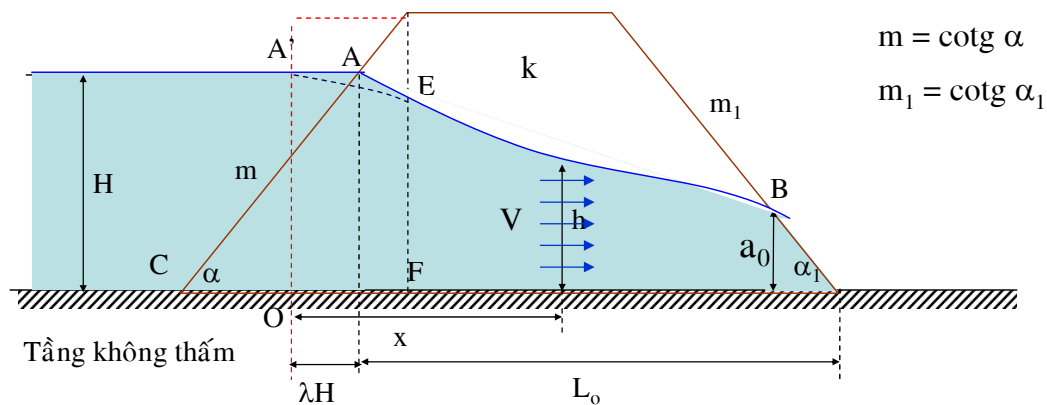
$$R=700m \div 1000m$$

Công thức kinh nghiệm

$$R = 3000 \alpha \sqrt{k}$$

(Đi-các đơ)

6.5 THẨM QUA ĐẬP ĐẤT



Biến đổi mái nghiêng AC thành thẳng đứng A'O, sao cho lưu lượng qua AC giống như A'O

Mikhailốp

$$\lambda = \frac{m}{2m+1}$$

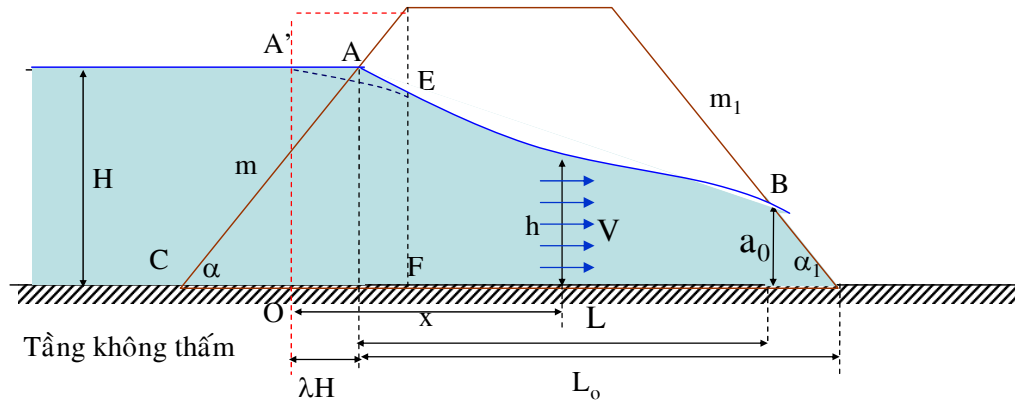
Dupuit-Forcherheimer: $V = -k \frac{dh}{dx}$

$$\longrightarrow q = -kh \frac{dh}{dx} \longrightarrow \frac{q}{k} dx = -h dh$$

Lấy gốc tọa độ tại O

Tích phân từ 0 đến x tương ứng từ H đến h

$$\frac{q}{k} x = \frac{H^2 - h^2}{2}$$



Xác định vị trí đường bão hoà

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - h^2}{2}$$

tại $x = \lambda H + L$, $h = a_0 \rightarrow \frac{q}{k}(\lambda H + L) = \frac{H^2 - a_0^2}{2} \rightarrow \frac{q}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(\lambda H + L)}$

$$\frac{H^2 - a^2}{2(L + \lambda H_1)} x = \frac{H^2 - h^2}{2} \rightarrow h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a^2}{\lambda H + L} x} \rightarrow h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a^2}{\lambda H + L_0 - m_1 a_0} x}$$

Cần xác định $a_0 \rightarrow h$

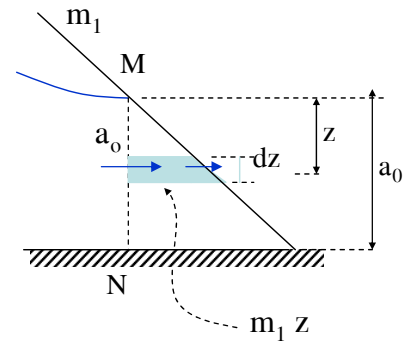
chiều dài của dải nguyên tố $m_1 z$

$$dq = uz \xrightarrow{\text{Darcy}} dq = -k \frac{\Delta h}{\Delta L} dz$$

$$dq = -k \frac{(-z)}{m_1 z} dz$$

Lưu lượng thấm qua MN $q = \int_0^{a_0} k \frac{z}{m_1 z} dz$

$$q = \frac{k}{m_1} \int_0^{a_0} dz \rightarrow q = \frac{k a_0}{m_1}$$



Lưu lượng thấm này cũng bằng lưu lượng thấm đi qua đập đất

$$\frac{q}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H_1)}$$

$$\frac{k \frac{a_0}{m_1}}{k} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L + \lambda H_1)} \rightarrow \frac{a_0}{m_1} = \frac{H^2 - a_0^2}{2(L - m_1 a_0 + \lambda H_1)}$$

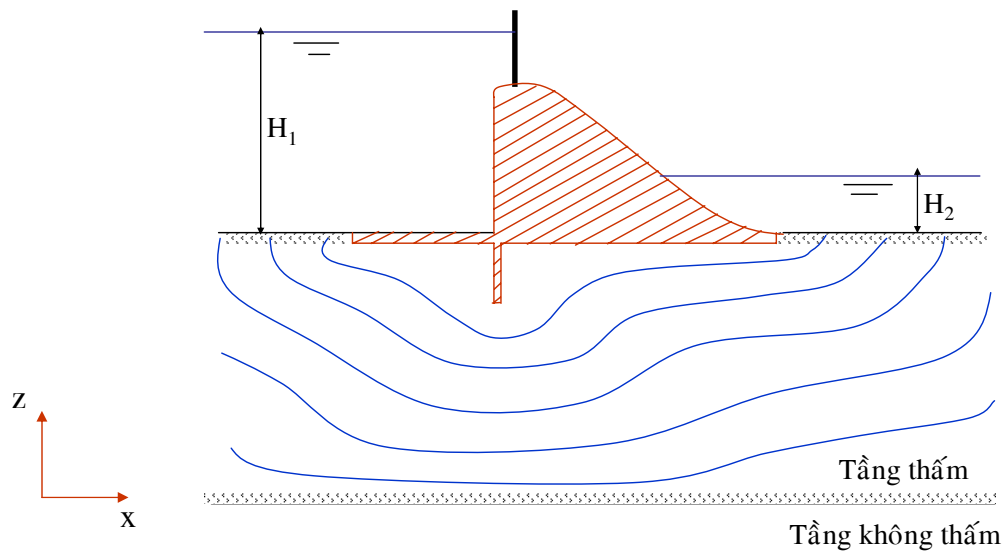
Giải phương trình bậc 2 cho a_0 :

$$a_0 = \frac{(L_0 + \lambda H) \pm \sqrt{(L_0 + \lambda H)^2 - m_1 H^2}}{m_1}$$

Có a_0 , xác định được q và đường bão hoà

$$h = \sqrt{H^2 - \frac{H^2 - a^2}{\lambda H + L_0 - m_1 a_0} x}$$

6.6 THẨM CỐ ÁP QUA ĐẬP



Để xác định vận tốc thấm (u), cột nước đo áp (h), dựa vào phương trình thấm Darcy như sau:
Đất đồng chất và đẳng hướng:

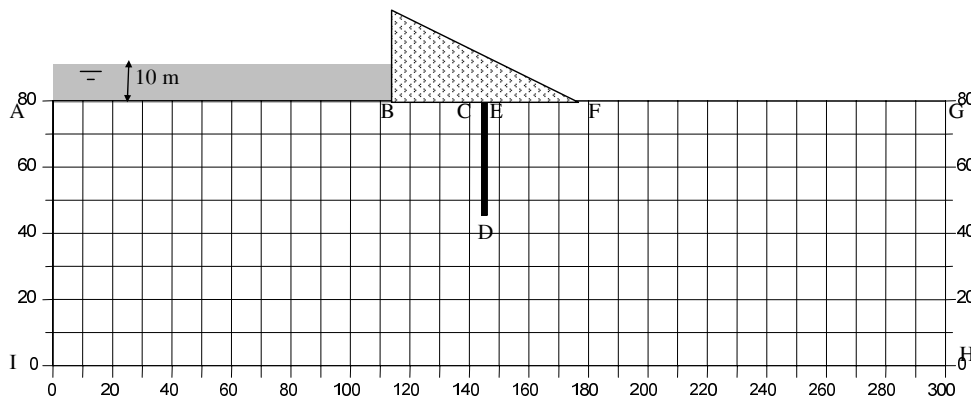
$$u_x = -k \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$u_z = -k \frac{\partial h}{\partial z}$$

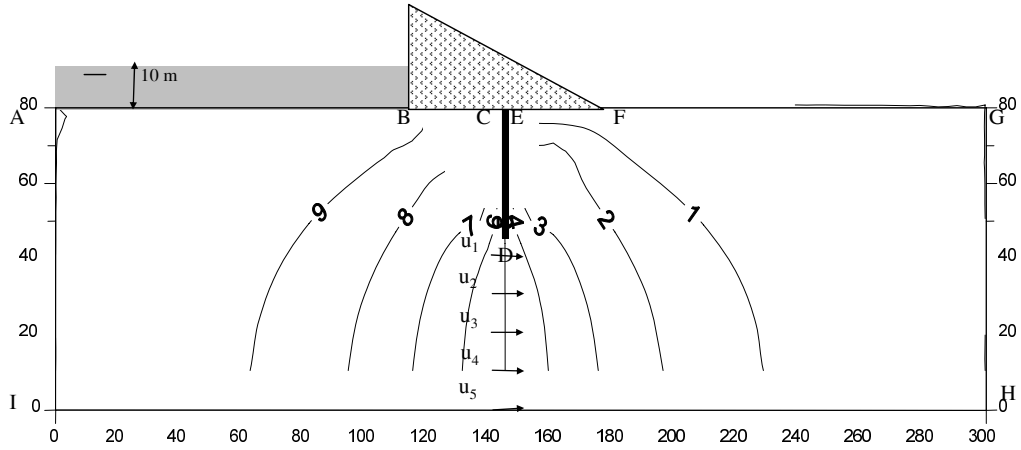
Phương trình liên tục $\rightarrow \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \rightarrow h(x,z)$

VÍ DỤ TÍNH TOÁN THẨM CỐ ÁP BẰNG PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN HỮU HẠN

Một đập bê tông có bề rộng 60m, thượng lưu chứa nước có độ sâu 10m, hạ lưu không có nước. Đập được xây trên một tầng đất thấm nước đồng chất dày 80m, với hệ số thấm là $k = 10^{-4}$ m/s. Một hàng cừ được đóng ở giữa đáy đập sâu 35m để giảm lưu lượng thấm qua đập. Xác định lưu lượng thấm qua đáy đập nếu xem dòng thấm chỉ ảnh hưởng trong phạm vi 105m về phía thượng lưu đập và 135m về phía hạ lưu đập.



Kích thước, vị trí đập và lưới tính toán



Đường đẳng cột nước đo áp và vận tốc thấm dưới hàng cừ

Lưu lượng thấm trong 1 ngày đêm là: $q = 39,007 \text{ m}^3/\text{m ngày đêm}$

Tính toán chi tiết và chương trình máy tính xem trong phụ lục

I.KHÁI NIỆM :#

Dòng không ổn định là dòng chảy mà các yếu tố của dòng chảy đều phụ thuộc vào thời gian,

Độ sâu : $h = h(x,t)$

Vận tốc : $V = V(x,t)$

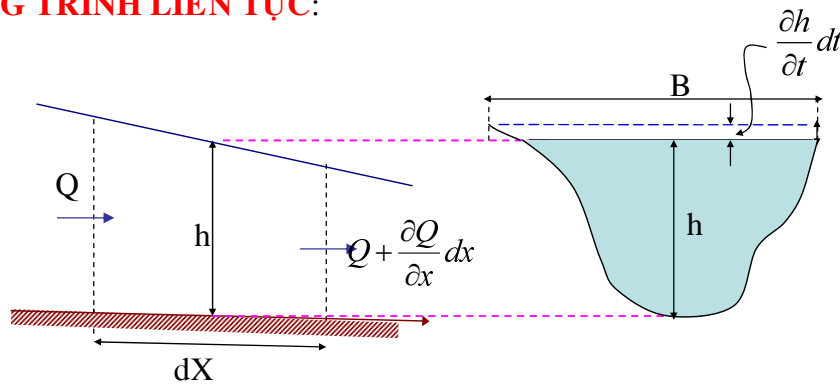
Lưu lượng: $Q = Q(x,t)$

Dòng không ổn định thường xuất hiện

Sông, kênh bị ảnh hưởng thủy triều

Kênh xả nhà máy thủy điện khi lưu lượng xả thay đổi đột ngột

II.PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC:



Sự thay đổi thể tích trong đoạn dx trong thời gian dt

$$\frac{\partial h}{\partial t} dt \cdot B \cdot dx$$

thì bằng lưu lượng ra – lưu lượng vào trong thời gian đó

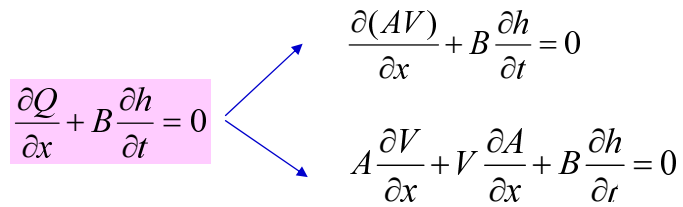
$$\left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} dx \right) dt - Q dt = \frac{\partial Q}{\partial x} dx dt$$

$$-\frac{\partial h}{\partial t} dt \cdot B \cdot dx = \frac{\partial Q}{\partial x} dx dt$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

Phương trình liên tục

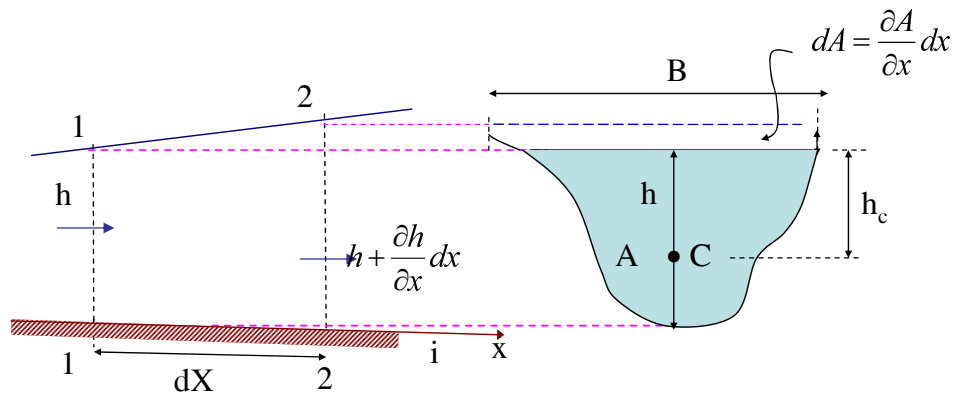
Các dạng khác :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial(AV)}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$
$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$

III. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LƯỢNG:

Các giả thiết:

- Biến đổi chậm, bỏ qua lực quán tính
- Tổn thất năng lượng được tính như dòng đều
- Phân bố áp suất trên mặt cắt đứng được xem theo qui luật thủy tĩnh
- Độ dốc nhỏ



Áp lực trên mặt 1-1 $F_1 = \gamma Ah_c$

Áp lực trên mặt 2-2

$$F_2 = \gamma \left(A + \frac{\partial A}{\partial x} dx \right) \left(h_c + \frac{\partial h_c}{\partial x} dx \right) = \gamma \left(Ah_c + A \frac{\partial h_c}{\partial x} dx + h_c \frac{\partial A}{\partial x} dx \right)$$

Trọng lực theo phương x $F_3 = \gamma (A dx) i$

Ma sát

$$F_f = P \tau_o dx \quad \leftarrow \quad \begin{array}{l} \tau_o: \text{ ứng suất ma sát} \\ P: \text{ chu vi ướt} \end{array}$$

Tổng lực theo phương dòng chảy (X): $F_1 - F_2 + F_3 - F_f$

$$\sum F_x = \gamma \left(-A \frac{\partial h}{\partial x} - h_c \frac{\partial A}{\partial x} + Ai - \frac{P \tau_o}{\gamma} \right) dx$$

$$\sum F_x = \gamma \left(-A \frac{\partial h}{\partial x} - h_c \frac{\partial A}{\partial x} + Ai - \frac{P \tau_o}{\gamma} \right) dx$$

Ngòai ra

Lấy moment tĩnh tại mặt cắt 2-2 đối với mặt thoáng suy ra

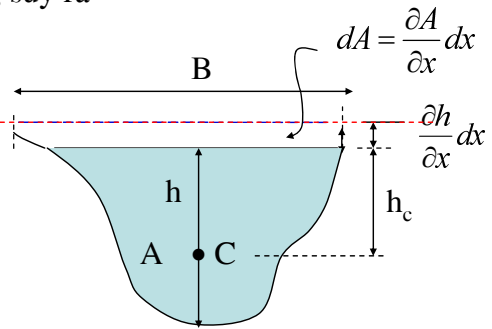
$$A \left(h_c + \frac{\partial h}{\partial x} dx \right) + \frac{\partial A}{\partial x} dx \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \frac{dx}{2} = \left(A + \frac{\partial A}{\partial x} dx \right) \left(h_c + \frac{\partial h_c}{\partial x} dx \right)$$

Khai triển và bỏ các số hạng bậc cao

$$A \frac{\partial h_c}{\partial x} + h_c \frac{\partial A}{\partial x} = A \frac{\partial h}{\partial x}$$

Và viết lại $\frac{P \tau_o}{\gamma} = \frac{P(\gamma R J)}{\gamma} = A J$

Thay vào $\sum F_x = \gamma A \left(-\frac{\partial h}{\partial x} + i - J \right) dx$



Áp dụng phương trình động lượng: " Sự biến đổi động lượng trong một đơn vị thời gian trong một thể tích kiểm soát thì bằng tổng các lực tác động lên thể tích đó "

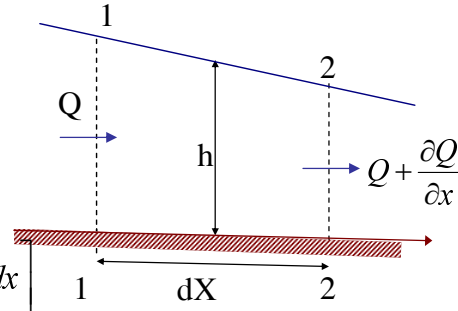
Sự biến đổi động lượng trong thể tích kiểm soát giới hạn m/c 1-1 và 2-2

Động lượng vào m/c 1-1

$$M_1 = \rho QV = \rho AV^2$$

Động lượng ra m/c 2-2

$$M_2 = \rho AV^2 + \frac{\partial}{\partial x}(\rho AV^2)dx = \rho \left[AV^2 + \frac{\partial}{\partial x}(AV^2)dx \right]$$



Sự gia tăng động lượng trong thể tích kiểm soát:

$$M_c = \frac{\partial}{\partial t}(\rho A dx V)$$

Theo phương trình động lượng $M_2 - M_1 + M_c = \sum F_c$

$$\rho \left[AV^2 + \frac{\partial}{\partial x}(AV^2)dx \right] - \rho AV^2 + \frac{\partial}{\partial t}(\rho AV dx) = \gamma A \left(-\frac{\partial h}{\partial x} + i - J \right) dx$$

Đơn giản và chia 2 vế cho ρ và dx :

$$\frac{\partial}{\partial t}(AV) + \frac{\partial}{\partial x}(AV^2) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(i - J)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(AV) + \frac{\partial}{\partial x}(AV^2) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = gA(i - J)$$

Các dạng của phương trình động lượng

Viết lại:
$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{A} \left(\frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} \right) = g(i - J)$$

Chú ý:
$$\left(\frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} \right) = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(i - J)$$

Hay
$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J)$$

$$J = i - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{V^2}{2g} + h \right) - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t}$$

↔
Dòng đều

↔
Dòng không đều

↔
Dòng không ổn định

IV. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG ĐẶC TRƯNG SÓNG BIÊN ĐỘ NHỎ

Có phương trình liên tục $A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0$

Phương trình động lượng: $\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J)$

Vận tốc truyền sóng: Vận tốc lan truyền khi gây một nhiễu động trong nước tĩnh, có độ sâu h

$$C_0 = \sqrt{g \frac{A_0}{B_0}} \quad \xrightarrow{\text{Mặt cắt chữ nhật}} \quad C_1 = \sqrt{gh}$$

Nếu sóng có biên độ nhỏ và với một số giả thiết sau

1. Kênh nằm ngang: độ dốc $i = 0$

2. Không có ma sát: độ dốc năng $J = 0$

3. Vận tốc dòng chảy nhỏ và sự biến đổi vận tốc nhỏ: $V \frac{\partial V}{\partial x} = 0$

4. Tiết diện mặt cắt ướt A dọc theo dòng chảy xem bằng một tiết diện trung bình không đổi A_0 và

$$\frac{\partial A}{\partial x} = 0$$

5. Bề mặt thoáng B bằng bề rộng trung bình không đổi B_0

Hệ phương trình liên tục và động lượng có thể viết lại thành dạng đơn giản:

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad \longrightarrow \quad A_0 \frac{\partial V}{\partial x} + B_0 \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Đặt $C_0 = \sqrt{g \frac{A_0}{B_0}}$ nếu mặt cắt hình chữ nhật thì $C_0 = \sqrt{gh_0}$

Nhân $\frac{C_0}{A_0}$ cho pt (1) $A_0 \frac{\partial V}{\partial x} \frac{C_0}{A_0} + B_0 \frac{\partial h}{\partial t} \frac{C_0}{A_0} = 0$ (3)

Nhân g cho pt (2) $g \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = 0$ (4)

Cộng vế theo vế $C_0 \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{g}{C_0} \left(C_0 \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} \right) = 0$

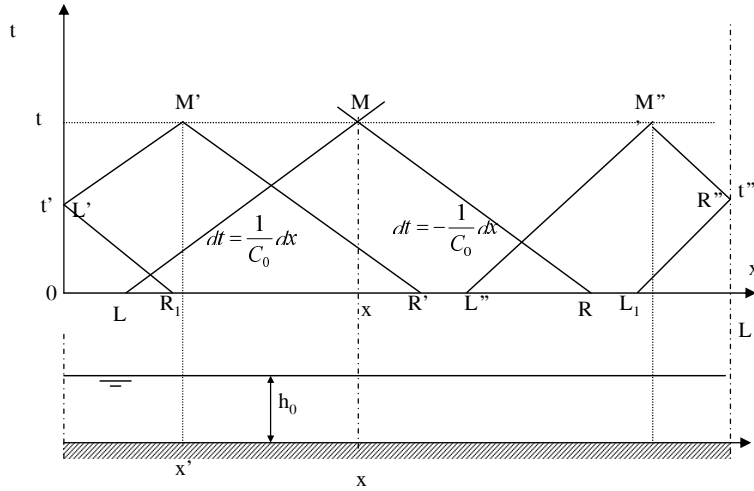
Nếu $C_0 = \frac{dx}{dt}$ thì: $\frac{\partial V}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{g}{C_0} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial h}{\partial t} \right) = 0$

$$\frac{dV}{dt} + \frac{g}{C_0} \left(\frac{dh}{dt} \right) = 0 \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{dt} \left(V + \frac{g}{C_0} h \right) = 0 \quad \longrightarrow \quad \left(V + \frac{g}{C_0} h \right) = Const$$

Trừ vế theo vế và nếu $C_0 = -\frac{dx}{dt}$

$$\frac{d}{dt}\left(V - \frac{g}{C_0}h\right) = 0 \quad \rightarrow \quad \left(V - \frac{g}{C_0}h\right) = Const$$

Ý nghĩa phương trình đường đặc trưng :



Cách xác định độ sâu (h) và vận tốc (V) tại M(x,t)

Tại M vẽ đường đặc trưng thuận C_0^+ (có độ dốc $1/C_0$) cắt trục hoành ($t = 0$) tại L

Trên đường ML cho :

$$\left(V_M + \frac{g}{C_0}h_M\right) = \left(V_L + \frac{g}{C_0}h_L\right) \quad (1)$$

Tương tự vẽ đường đặc trưng nghịch C_0^- (có độ dốc $-1/C_0$), MR:

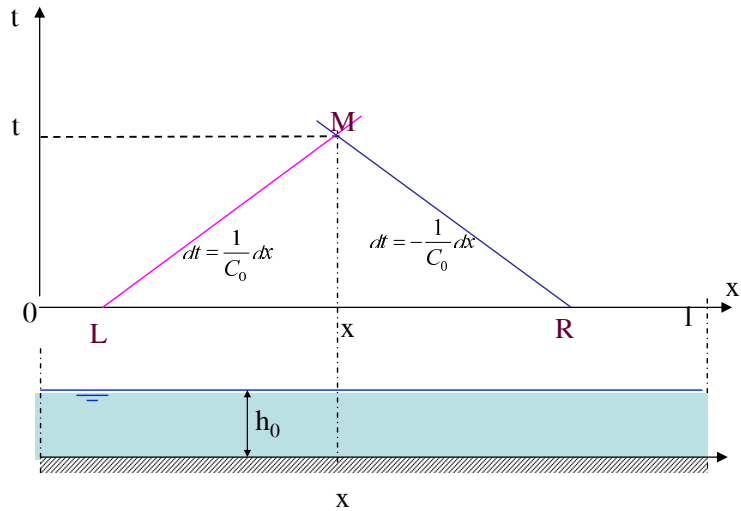
$$\left(V_M - \frac{g}{C_0}h_M\right) = \left(V_R - \frac{g}{C_0}h_R\right) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) \rightarrow $V_M = \frac{1}{2} \left[(V_L + V_R) + \frac{g}{C_0} (h_L - h_R) \right]$

$$h_M = \frac{1}{2} \left[\frac{C_0}{g} (V_L - V_R) + (h_L + h_R) \right]$$

$V_M, h_M,$

← Vì h_L, V_L, h_R, V_R đã biết tại thời điểm $t = 0$



Tuy nhiên nếu vị trí M gần đầu kênh hoặc cuối kênh thì phải cần thêm điều kiện biên

Ví dụ điểm M'(x',t)

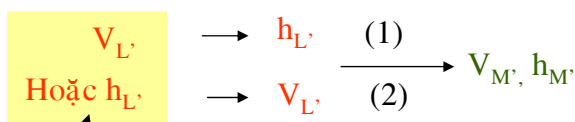
$$V_{M'} = \frac{1}{2} \left[(V_{L'} + V_{R'}) + \frac{g}{C_0} (h_{L'} - h_{R'}) \right] \quad (1)$$

$$h_{M'} = \frac{1}{2} \left[\frac{C_0}{g} (V_{L'} - V_{R'}) + (h_{L'} + h_{R'}) \right] \quad (2)$$

Để xác định $V_{L'}$, $h_{L'}$, tại L' ta vẽ một đường đặc trưng nghịch C_0^-

$$\left(V_{L'} - \frac{g}{C_0} h_{L'} \right) = \left(V_{R1} - \frac{g}{C_0} h_{R1} \right)$$

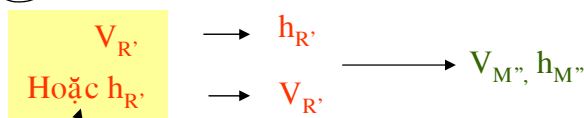
Biết h_{R1} , V_{R1} , biết từ điều kiện đầu +



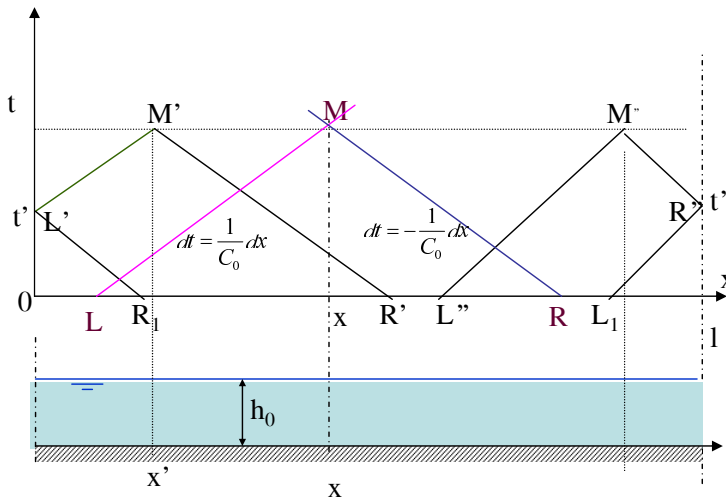
Điều kiện biên

Tương tự M''

Biết h_{L1} , V_{L1} , biết từ điều kiện đầu +



Điều kiện biên



Để giải toán sóng có biên độ nhỏ hay một bài dòng không ổn định thông thường, cần thiết phải có :

Các điều kiện đầu và điều kiện biên sóng biên độ nhỏ:

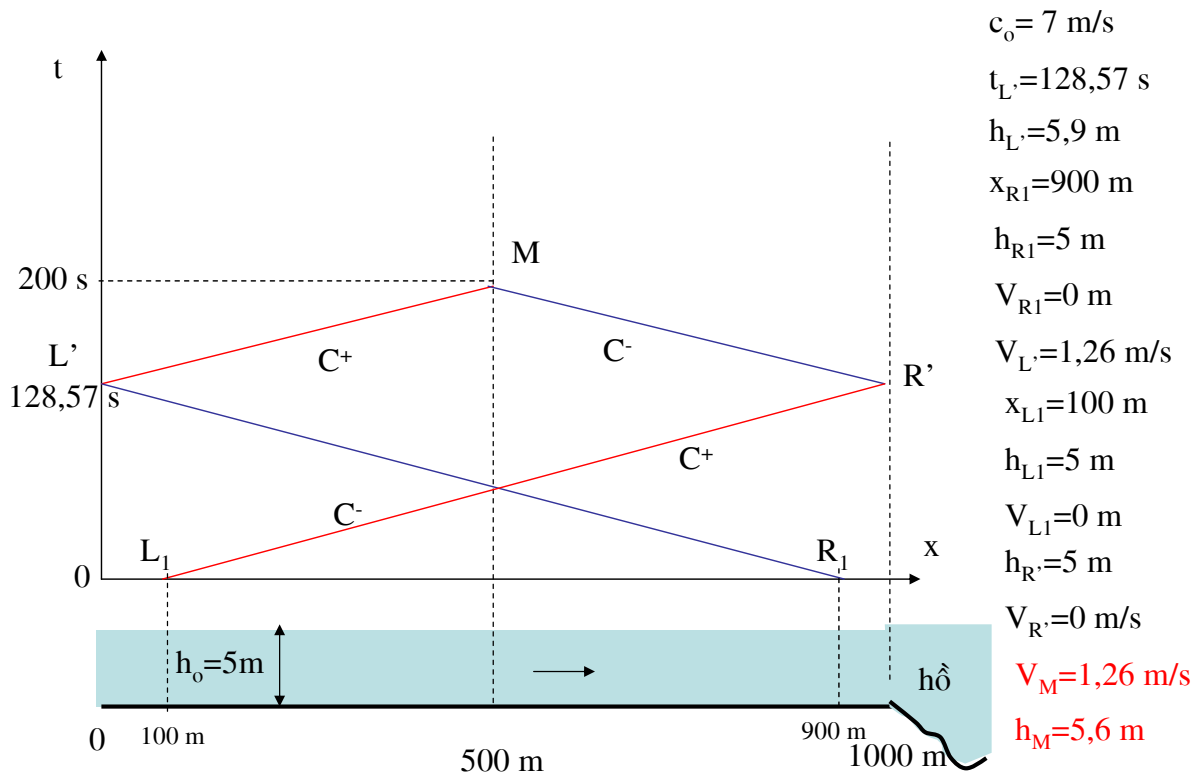
1. Điều kiện ban đầu : $V(0, x)$, $h(0, x)$

2. Điều kiện biên :

Đầu kênh : $V(t, 0)$ hoặc $h(t, 0)$

Cuối kênh : $V(t, l)$ hoặc $h(t, l)$

Ví dụ: Một kênh chữ nhật rộng $b = 10\text{m}$, dài 1000m nối với một hồ chứa. Tại thời điểm $t = 0$, nước tĩnh với độ sâu $h_0 = 5\text{m}$. Tại đầu kênh độ sâu thay đổi theo thời gian $h = h_0 + \sin(2\pi t/T)$ với $T = 400$. Xác định V, h tại vị trí $x = 500\text{m}$ ở thời điểm $t = 200\text{s}$.



V. PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG ĐẶC TRƯNG CHO MỘT KÊNH MẶT CẮT HÌNH CHỮ NHẬT:

Vận tốc truyền sóng trong kênh hình chữ nhật :

$$C = \sqrt{gh} \quad \Rightarrow \quad C^2 = gh \quad \Rightarrow \quad h = \frac{C^2}{g}$$

do đó $\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial x}$ và $\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial t}$

Xét cho một đơn vị bề rộng kênh $B = 1\text{m} \Rightarrow A = h = \frac{C^2}{g} \Rightarrow \frac{\partial A}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial x}$

Thay vào pt liên tục và động lượng :

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{C^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{2C}{g} V \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad \rightarrow \quad \frac{2C}{g} \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad (2)$$

chia (1) cho $\pm C/g$ $\pm C \frac{\partial V}{\partial x} \pm 2V \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} = 0$

nhân (2) cho g $2C \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$

cộng hai vế : $2(C \pm V) \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} + (V \pm C) \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$

$$2(C \pm V) \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} + (V \pm C) \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$$

$$\pm 2(\pm C + V) \frac{\partial C}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} + (V \pm C) \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$$

$$(V \pm C) \frac{\partial(\pm 2C)}{\partial x} \pm 2 \frac{\partial C}{\partial t} + (V \pm C) \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial t} = g(i - J)$$

hay
$$(V \pm C) \frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial x} + \frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial t} = g(i - J)$$

Nếu $(V \pm C) = \frac{dx}{dt}$ thì :
$$\frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial(V \pm 2C)}{\partial t} = g(i - J)$$

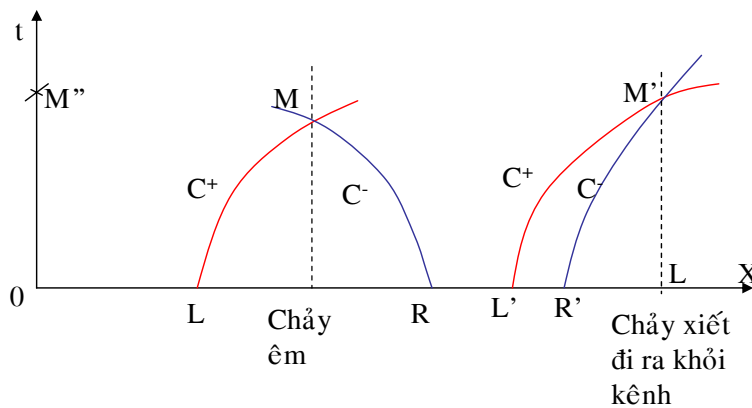
$$\frac{d}{dt}(V \pm 2C) = g(i - J)$$

Đường đặc trưng thuận (C+) :
$$\frac{dx}{dt} = (V + C)$$

Đường đặc trưng nghịch (C-) :
$$\frac{dx}{dt} = (V - C)$$

Chú ý Khi V và C đều dương, nếu dòng chảy êm (V < C) thì đường đặc trưng nghịch và thuận ngược chiều

Nhưng nếu dòng chảy xiết (V > C) thì đường đặc trưng nghịch và thuận cùng chiều nhau



Tổng quát điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho bài toán dòng không ổn định như sau:

1. Điều kiện ban đầu : $V(0, x), h(0, x)$

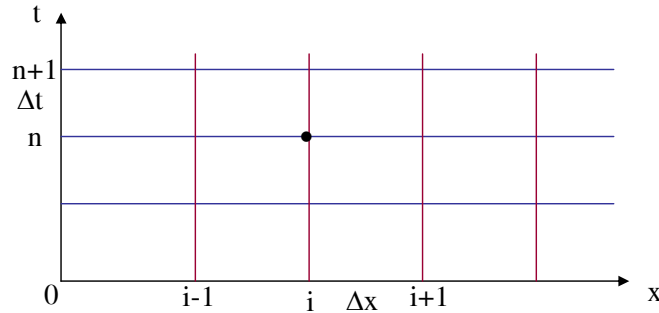
2. Điều kiện biên :

Chảy êm :
 → + Đầu kênh : chỉ cần 1 điều kiện biên $V(0, t)$ hoặc $h(0, t)$
 → + Cuối kênh : chỉ cần 1 điều kiện biên $V(0, t)$ hoặc $h(0, t)$

Chảy xiết :
 → + Đầu kênh : Dòng chảy đi vào kênh: cần 2 điều kiện biên $V(0, t)$ và $h(0, t)$
 → + Cuối kênh : Dòng chảy đi ra khỏi kênh: không cần điều kiện biên
 → + Cuối kênh : Dòng chảy đi vào kênh: không cần điều kiện biên
 → + Đầu kênh : Dòng chảy đi vào kênh cần 2 điều kiện biên $V(0, t)$ và $h(0, t)$

VI. KHÁI NIỆM PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN HỮU HẠN:

Xét miền tính toán Xot được rời rạc hóa như hình vẽ



Tại điểm i và $i+1$ ở thời điểm t ta có :

$$f(x_{i+1}) = f(x_i) + \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_i (x_{i+1} - x_i) + \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}\right)_i \frac{(x_{i+1} - x_i)^2}{2!} + \dots$$

Nếu bỏ các số hạng bậc cao , suy ra

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_i = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{(x_{i+1} - x_i)} = \frac{f_{i+1}^n - f_i^n}{\Delta x}$$

Tương tự , nếu tại điểm i ở thời điểm n và $n+1$ ta cũng có

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_i = \frac{f_i^{n+1} - f_i^n}{\Delta t} = \frac{f_i^{n+1} - f_i^n}{\Delta t}$$

Thay vào trong phương trình liên tục và pt động lượng :

$$A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad \rightarrow \quad A_i^n \left(\frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x} \right) + V_i^n \left(\frac{A_{i+1}^n - A_i^n}{\Delta x} \right) + B_i^n \left(\frac{h_i^{n+1} - h_i^n}{\Delta t} \right) = 0$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = (i - J) \quad \rightarrow \quad \frac{h_{i+1}^n - h_i^n}{\Delta x} + \frac{V_i^n}{g} \left(\frac{V_{i+1}^n - V_i^n}{\Delta x} \right) + \frac{1}{g} \left(\frac{V_i^{n+1} - V_i^n}{\Delta t} \right) = i - j_i$$

Vận tốc và độ sâu h_i, V_i^n \rightarrow h_i^{n+1}, V_i^{n+1}
 thời điểm n \rightarrow thời điểm $n+1$

Đối với những điểm nằm trên biên, cần phải bổ sung thêm điều kiện biên mới xác định được các giá trị h và V

Điều kiện ổn định của pp sai phân hiện

Điều kiện Courant - Friedrichs – Lewy (CFL)

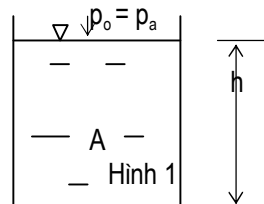
$$\Delta t \leq \left| \frac{\Delta x}{V \pm C} \right|$$

BÀI TẬP

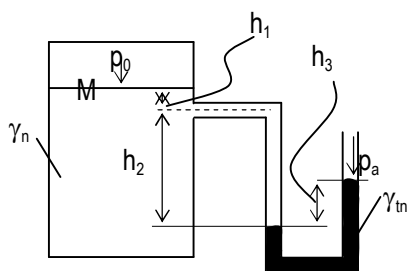
THUYẾT LỰC ĐẠI CƯƠNG

THỦY TÍNH

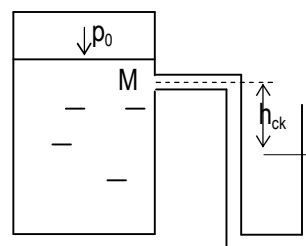
Bài 1: Xác định áp suất thủy tĩnh tuyệt đối và áp suất dư theo các đơn vị kG/m^2 ; N/m^2 , at tại điểm A ở đáy bình chứa hở chứa đầy nước. Chiều sâu mực nước trong bình $h = 200\text{cm}$ (h.1).



Bài 2: Tìm áp suất thủy tĩnh dư tại điểm M trên mặt thoáng của bình kín. Cho biết $h_1 = 1,0\text{m}$; $h_2 = 1,5\text{m}$; $h_3 = 0,5\text{m}$ (h.2).

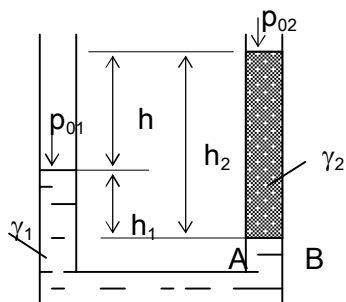


Hình 2



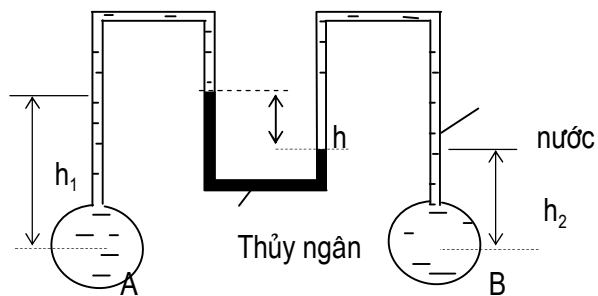
Hình 3

Bài 4: Bình chữ U chứa hai loại chất lỏng trọng lượng riêng của chúng là $\gamma_1 = 100\text{kN/m}^3$; $\gamma_2 = 10\text{kN/m}^3$. Đường AB là ranh giới giữa hai loại chất lỏng đó, áp suất trên mặt thoáng ($p_{o1} = 100\text{kPa}$; $p_{o2} = 150\text{kPa}$, độ sâu $h_1 = 100\text{cm}$ (h.4). hãy tìm độ sâu h



Hình 4

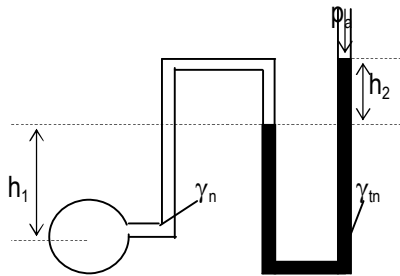
Bài 5: Xác định độ chênh áp suất tại hai điểm A và B của hai ống dẫn nước bằng áp kế chữ U. Cho biết chiều cao cột thủy ngân $h = h_1 - h_2 = 0,2\text{m}$; $\gamma_{tn} = 133416\text{N/m}^3$; $\gamma_n = 9810\text{N/m}^3$ (h.5)



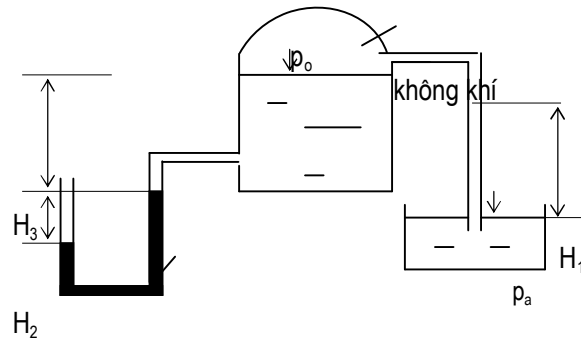
Hình 5

Bài 6: Xác định áp suất dư trong ống A nếu độ cao cột thủy ngân ở ống đo áp là $h_2 = 25\text{cm}$. Tâm ống nằm cách đường phân cách giữa nước và thủy ngân một đoạn $h_1 = 40\text{cm}$ (h.6)

Bài 7: Xác định áp suất trong bình chứa p_0 và chiều cao mực nước H_1 trong ống ở bên phải nếu số đọc của cửa áp kế thủy ngân bên trái $H_2 = 0,15\text{m}$ và $H_3 = 0,8\text{m}$ (h.7)



Hình 6

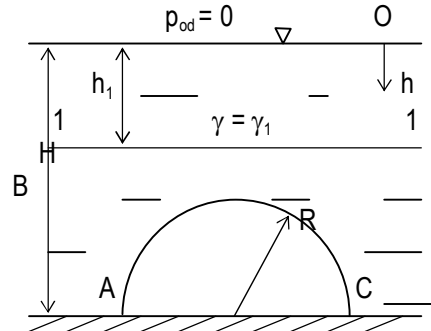


Bài 8: Giả thiết rằng (h.8) : - Trong phạm vi độ sâu từ 0 đến h_1 trọng lượng riêng của chất lỏng thay đổi theo qui luật : $\frac{\gamma}{\gamma_0} = 1 + 0,02 \frac{h}{h_1}$;

$$\frac{\gamma}{\gamma_0} = 1 + 0,02 \frac{h}{h_1} ;$$

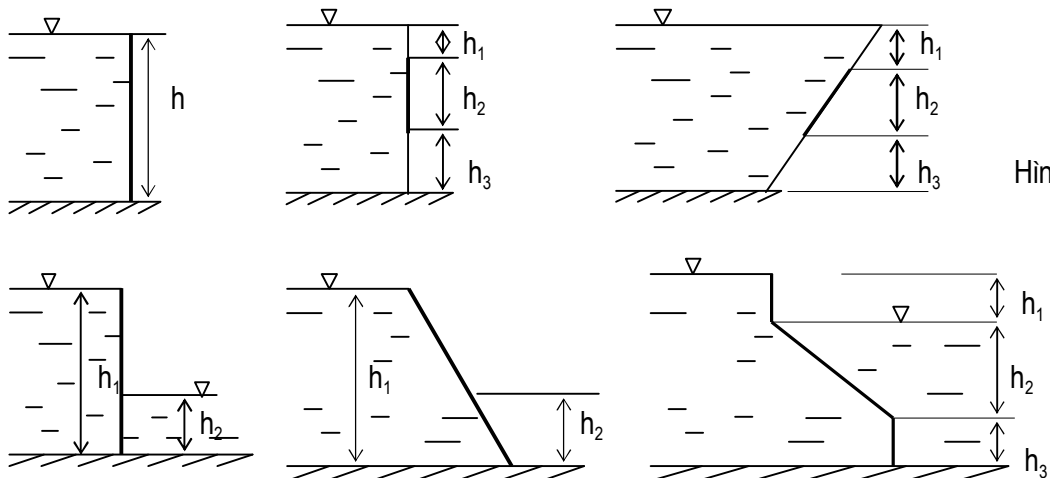
(với $\gamma_0 = 10\text{kN/m}^3$ là γ tại $h = 0$). Trong phạm vi độ sâu h từ h_1 đến H trọng lượng riêng của chất lỏng là γ_1 .

Biết $H=25\text{m}$, $h_1=20\text{m}$. Tính áp suất dư ở mặt 1-1 và tại các điểm A, C (chân) và B (đỉnh) của vòm hầm hình nửa tròn đặt ở đáy ($R = 2\text{m}$).



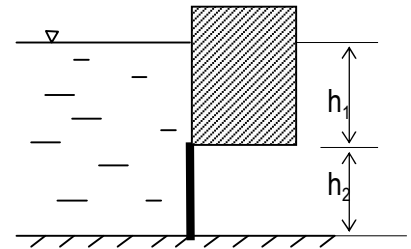
Hình.8

Bài 9: Vẽ biểu đồ áp suất thủy tĩnh dư lên mặt phẳng hình chữ nhật (h.9).



Hình.9

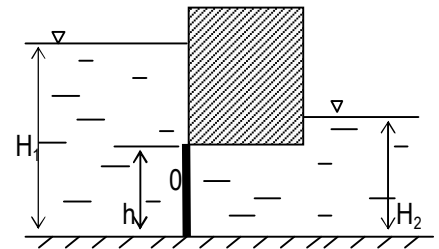
Bài 10: Tính áp lực thủy tĩnh (trị số và điểm đặt) lên cánh cổng hình chữ nhật. Cho biết $h_1 = 3\text{m}$, $h_2 = 2\text{m}$ (chiều cao cánh cổng); $B = 4\text{m}$, $\gamma_n = 1\text{T/m}^3$ (hình 10)



Hình 10

Bài 11: Xác định áp lực thủy tĩnh (trị số và điểm đặt) của chất lỏng lên cửa van của một cống tháo nước có chiều cao $h = 1,5\text{m}$ và chiều rộng $B = 5\text{m}$. Chiều sâu mực nước trước đập $H_1 = 4\text{m}$; sau đập $H_2 = 2\text{m}$ (hình 11).

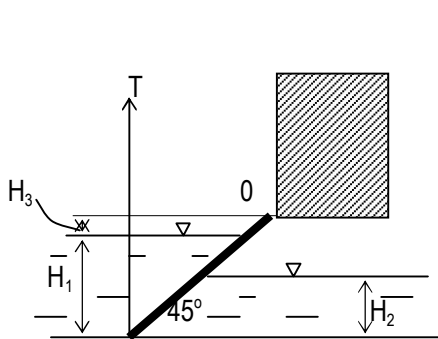
Trả lời: $P = 15000\text{kG}$, đặt tại trọng tâm C của van



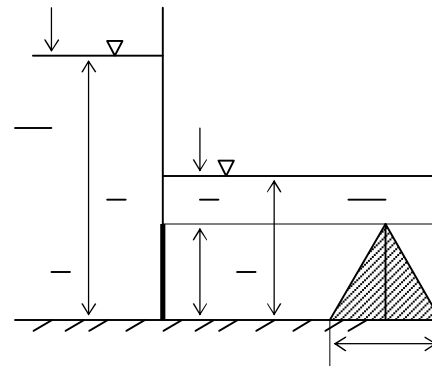
Hình 11

Bài 12: Một cửa van chặn kênh được đặt nghiêng một góc 45° và quay quanh một ổ trục đặt trên mặt nước. Xác định lực T cần thiết phải đặt vào dây tời để mở cửa van nếu chiều rộng cửa van $B = 2\text{m}$, ổ trục đặt cao hơn mặt nước phía trước van một chiều cao $H_3 = 1\text{m}$, $H_1 = 3\text{m}$, $H_2 = 1,5\text{m}$. Bỏ qua trọng lượng cửa van và lực ma sát (hình 12).

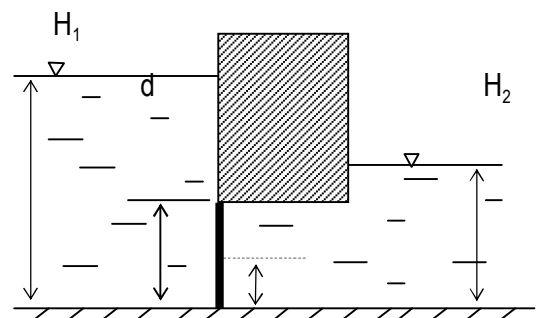
Bài 13: Xác định độ lớn và điểm đặt của áp lực tổng hợp tác dụng lên cửa van hình tam giác cân ABC? Cho biết $H_1 = 4,0\text{m}$; $\gamma_1 = 9810\text{N/m}^3$; $H_2 = 2,0\text{m}$; $\gamma_2 = 12360\text{N/m}^3$; $h = 1,5\text{m}$; $a = 2,0\text{m}$



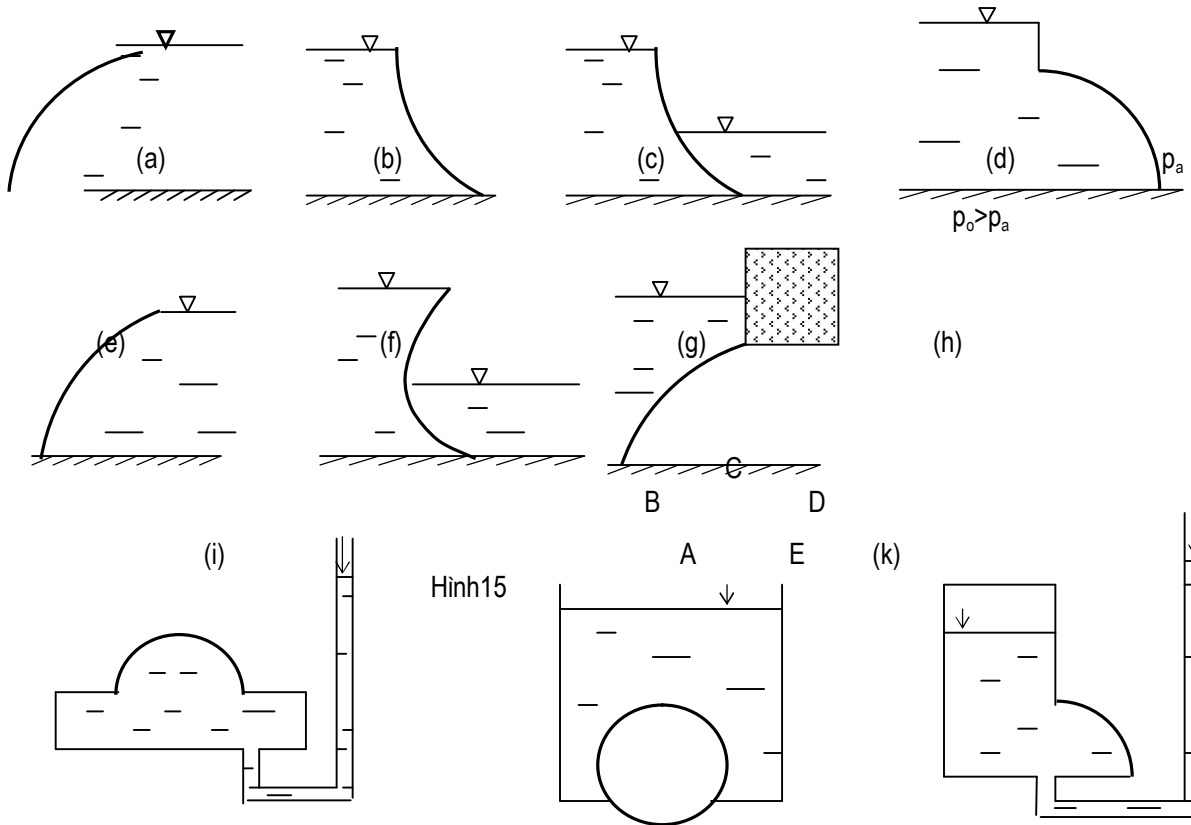
Hình 12



Bài 14: Xác định áp lực tổng hợp của nước (trị số và điểm đặt) tác dụng lên cửa van hình tròn có bán kính $r = 3\text{m}$, đặt một cửa cống có đường kính $d = 6\text{m}$ (h 14). Cho biết $H_1 = 8\text{m}$; $H_2 = 6\text{m}$; $\gamma_n = 10^4\text{N/m}^3$ (trong tính toán bỏ qua chiều dày thành cống).

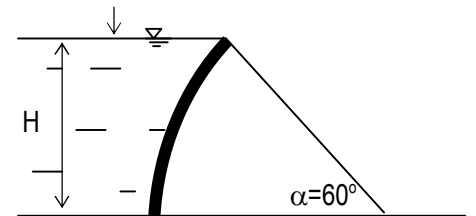


Bài 15: Vẽ vật áp lực trong các trường hợp sau:



Hình 15

Bài 16: Xác định áp lực nước (trị số và phương) lên cửa van cánh cung hình tròn với chiều sâu mực nước trước cửa van $H = 4,0\text{m}$; chiều dài cửa van $L = 8,0\text{m}$; $\alpha = 60^\circ$ (hình 16).

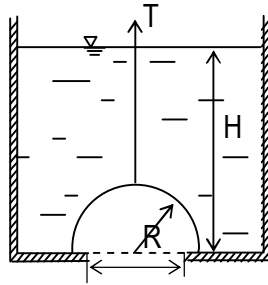


Hình 16

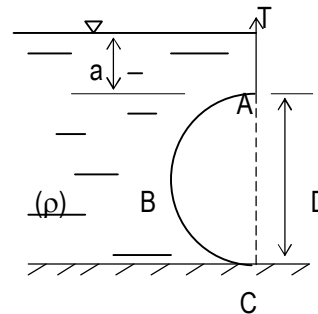
Bài 17: Bể đựng nước có lỗ tròn ở đáy (đường kính $D = 1\text{m}$) được đậy kín bằng một cửa van là một nửa hình cầu (h.17). Tính lực (\vec{T}) để nâng cửa van lúc đầu nếu biết chiều cao cột nước $H = 5\text{m}$; bán kính hình cầu $R = 60\text{cm}$; trọng lượng bản thân cửa van $G = 5\text{kN}$; trọng lượng riêng của nước $\gamma = 10^4\text{N/m}^3$.

Bài 18: Một cửa van nửa trụ tròn ABC (đường kính $D = 2,0\text{m}$; đường sinh nằm ngang dài $l = 2,5\text{m}$ hướng vuông góc với mặt giấy) chịu áp lực nước từ bên trái (bên phải không có nước). Tính độ lớn của lực nâng cửa van lúc đầu (\vec{T}) dọc khe trượt đứng, nếu biết $a = 1\text{m}$; trọng

lượng bản thân của cửa van $G = 25\text{kN}$; hệ số ma sát trượt $f = 0,2$; trọng lượng riêng của nước $\gamma = 10^4\text{N/m}^3$ (h.1)



Hình 17

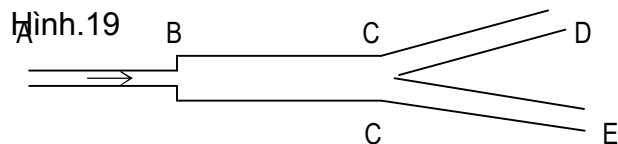


Hình 18

THỦY ĐỘNG - SỨC CẢN THỦY LỰC

Phương trình liên tục - phương trình Becnuì - phương trình động lượng

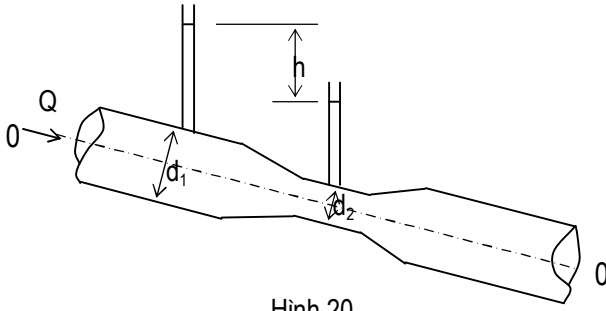
Bài 1: Nước chảy trong ống rẽ như hình 19. Đoạn AB có đường kính $d_1 = 50\text{mm}$, đoạn BC có đường kính $d_2 = 75\text{mm}$; vận tốc trung bình $v_2 = 2\text{m/s}$. Đoạn ống CD có $v_3 = 1,5\text{m/s}$. Đoạn ống CE có $d_4 = 30\text{mm}$. Biết rằng lưu lượng chảy trong đoạn CD bằng 2 lần lưu lượng chảy trong đoạn CE. Bỏ qua tổn thất cột nước, xác định lưu lượng và vận tốc trung bình trong từng đoạn ống và đường kính d_3 của đoạn ống CD.



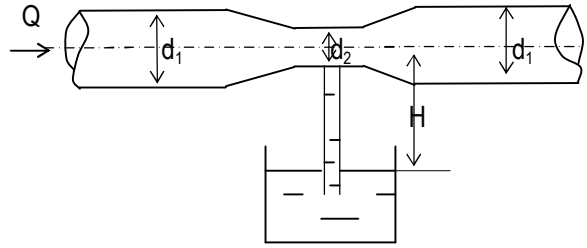
Hình.19

Bài 2: Thiết bị đo nước Venturi được lắp trên đường ống. Hãy xác định lưu lượng nước chảy trong đường ống nếu độ chênh mực nước của các ống đo áp là $h = 20\text{cm}$, đường kính ống $d_1 = 10\text{cm}$, đường kính chỗ co hẹp là $d_2 = 5,6\text{cm}$. Trong tính toán bỏ qua tổn thất cột nước và cả chỗ co hẹp của dòng (hình 20).

Bài 3: Bỏ qua tổn thất cột nước, hãy xác định đường kính của đoạn thu hẹp d_2 sao cho khi chuyển qua theo đường ống lưu lượng nước $Q = 8,8\text{l/s}$ nước trong đường ống sẽ hút lên một chiều cao $h = 5,5\text{cm}$. Đường kính của đường ống $d_1 = 100\text{mm}$, còn cột nước đo áp dư tại mặt cắt 1-1 là $p_1/\gamma = 0,4\text{m}$ (h.21)

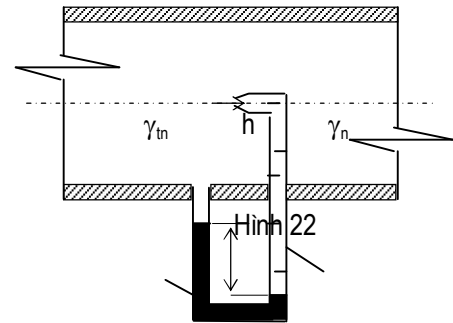


Hình 20



Hình 21

Bài 4: Trên trục ống dẫn nước người ta đặt một ống Pitô với áp kế thủy ngân. Xác định vận tốc nước chảy trong ống U_{max} nếu hiệu số mực nước thủy ngân trong áp kế là $h = 18\text{mm}$ (h.22)

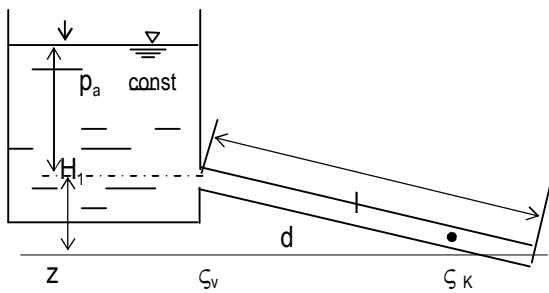


Hình 22

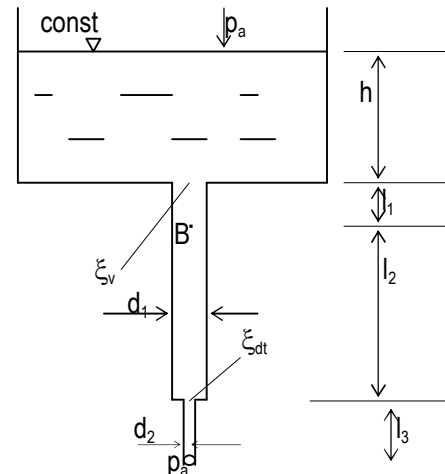
Bài 5: Xác định lưu lượng nước chảy từ bể qua đường ống có đường kính $d = 100\text{mm}$, chiều dài $l = 50\text{m}$ vào khí quyển. Trên đường ống có đặt khoá nước, lỗ ra được đặt thấp hơn lỗ vào một độ cao $z = 2,0\text{m}$. Cột nước $H_1 = 4,0\text{m}$ ở trong bể được giữ không đổi. Cho biết $\xi_K = 4,0$; $\xi_v = 0,5$; $\lambda = 0,03$ (h.23).

Bài 6: Xác định lưu lượng nước chảy ra từ đường ống và áp suất dư ở điểm B. Mực nước trong bể không đổi và có chiều sâu $h = 5\text{m}$. Đoạn ống phía trên có đường kính $d_1 = 150\text{mm}$, chiều dài $l_1 = 4,0\text{m}$ và $l_2 = 10\text{m}$ và hệ số ma sát thủy lực $\lambda_1 = 0,0233$. Đoạn ống ở phía dưới có đường kính $d_2 = 100\text{mm}$; chiều dài $l_3 = 3,0\text{m}$ và hệ số ma sát thủy lực $\lambda_2 = 0,025$. Các hệ số sức cản cục bộ $\xi_{dt} = 0,28$; $\xi_v = 0,5$

Trong tính toán bỏ qua cột nước vận tốc trong bể. (h.24)



Hình 23

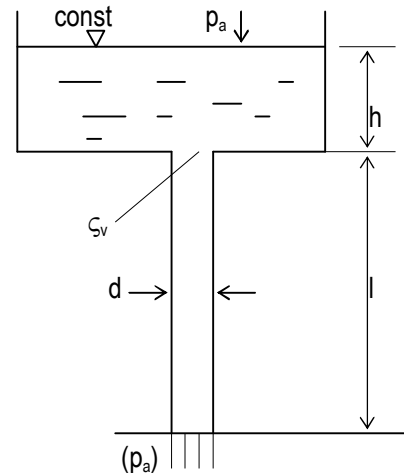


Hình 24

Bài 7: Xác định lưu lượng nước chảy qua đường ống. Biết rằng độ sâu mực nước trong bể $h = 0,97\text{m}$ được giữ không đổi, ống có đường kính không đổi $d = 5\text{cm}$; chiều dài $l = 5\text{m}$. Trong tính toán bỏ qua cột nước vận tốc trong bể (hình 3.5).

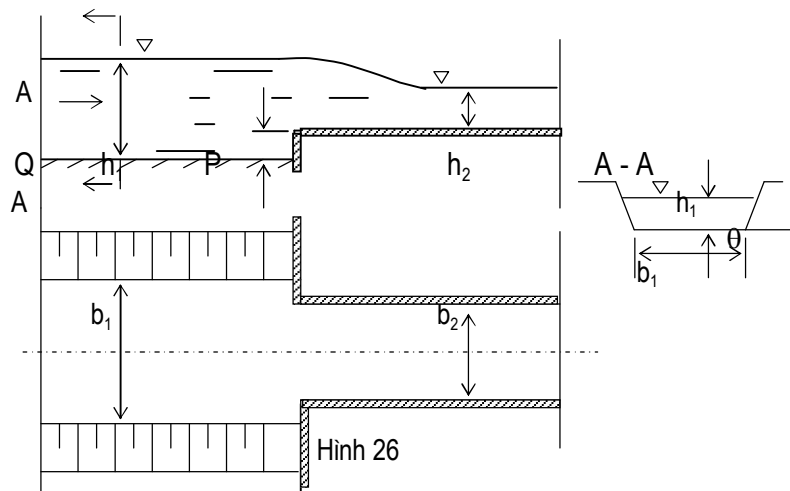
- Tại mặt cắt nào trên đường ống có áp suất chân không bằng $0,49 \cdot 10^4 \text{N/m}^2$?

Cho biết $\lambda = 0,03$; $\xi_v = 0,5$ (h.25)



Hình 25

Bài 8: Hãy xác định độ sâu của nước h_2 ở trong đoạn vào công trình có mặt cắt ngang hình chữ nhật có chiều rộng b_2 , sao cho tỷ số của diện tích mặt cắt ướn sau chỗ co hẹp với mặt cắt ướn ở trong kênh là 0,4. Lưu lượng tính toán của kênh $Q = 10\text{m}^3/\text{s}$. Kênh có mặt cắt hình thang với hệ số mái dốc $m = \cot\theta = 1,5$; chiều rộng đáy $b_1 = 6\text{m}$. Độ sâu của nước ở trong kênh $h_1 = 1,5\text{m}$; chiều cao của ngưỡng khi vào $P = 0,3\text{m}$. (h.26). Hệ số tổn thất qua bậc $\xi = 0,3$. Vẽ đường năng lượng đo áp



Hình 26

Bài 9: Tính áp suất dư cần thiết (p_0) trên mặt nước trong bể để có thể cấp nước ra tại C với lưu lượng $Q = 1\text{l/s}$ (h.27). ống có 2 đoạn:

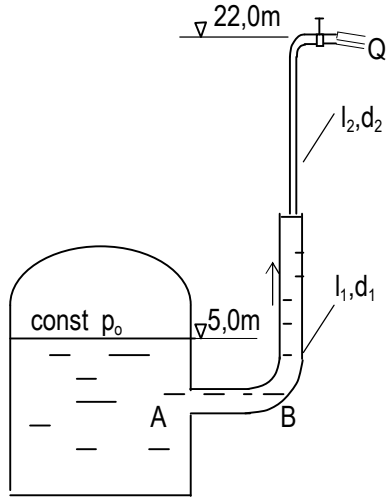
- Đoạn 1: $l_1 = 15\text{m}$; $d_1 = 40\text{mm}$; $\lambda_1 = 0,02$

- Đoạn 2: $l_2 = 10\text{m}$; $d_2 = 25\text{mm}$; $\lambda_2 = 0,03$

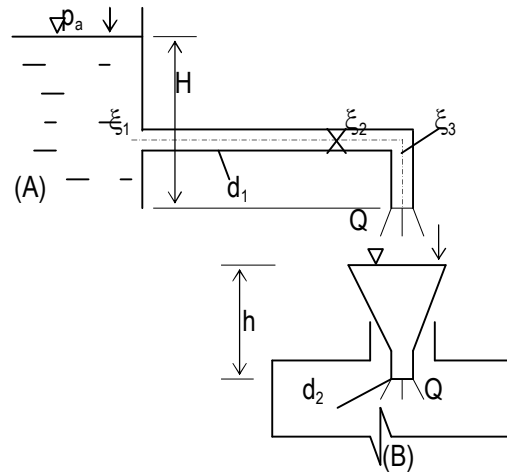
Tổng các tổn thất cục bộ $\sum h_c = 0,30\text{m}$. Lấy $\gamma = 10^4 \text{N/m}^3$.

Bài 10: Nước chảy vào bình B qua một phễu có đường kính $d_2 = 50\text{mm}$, chiều cao $h = 40\text{cm}$, hệ số tổn thất $\xi = 0,25$. Nước được cấp từ bể A theo đường ống có đường kính $d_1 =$

30mm, chiều dài $l_1 = 20\text{cm}$, các hệ số tổn thất cục bộ $\xi_1 = 0,5$; $\xi_2 = 8,5$; $\xi_3 = 0,5$; hệ số ma sát thủy lực $\lambda = 0,02$. Xác định trị số lớn nhất của cột nước H trong bể chứa A để nước vẫn không bị tràn ra ngoài phễu? Tính lưu lượng nước chảy vào phễu lúc này? Coi vận tốc tại miệng phễu bằng không ($v = 0$). (h.28)



Hình 27

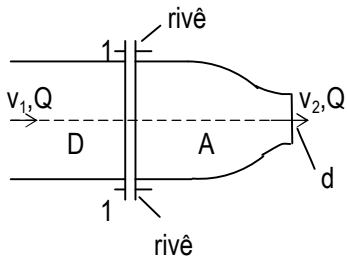


Hình 28

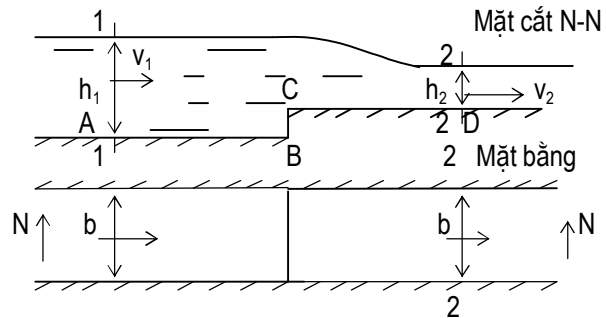
Bài 11: Tính lực tác dụng lên các rivê (mặt cắt 1-1) liên kết đoạn vòi ra thu hẹp dần (A) với ống cấp nước của thiết bị chữa cháy (h.2). Lực này là lực kéo hay nén? Tính ra trị số khi $D = 0,1\text{m}$; $d = 0,02\text{m}$; $Q = 12\text{l/s}$; $\rho = 10^3\text{kg/m}^3$; $p_1 = 7,5 \cdot 10^5\text{Pa}$ (áp suất dư). (h.29)

Bình luận về lực nói trên khi $d \rightarrow 0$

Bài 12: Xác định lực tác dụng của nước lên bậc thẳng đứng BC trong đoạn kênh hở chữ nhật đáy nằm ngang (h.2). Cho biết: chiều rộng đáy kênh $b = 5\text{m}$; $Q = 15\text{m}^3/\text{s}$; $h_1 = 3\text{m}$; $h_2 = 2\text{m}$; $\gamma = \rho g = 10^4\text{N/m}^3$. các mặt cắt ướt 1-1 và 2-2 là phẳng. (h.30)

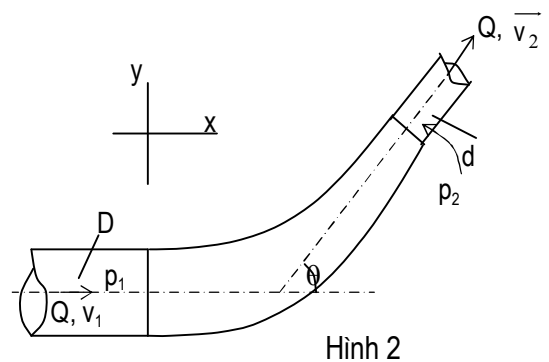
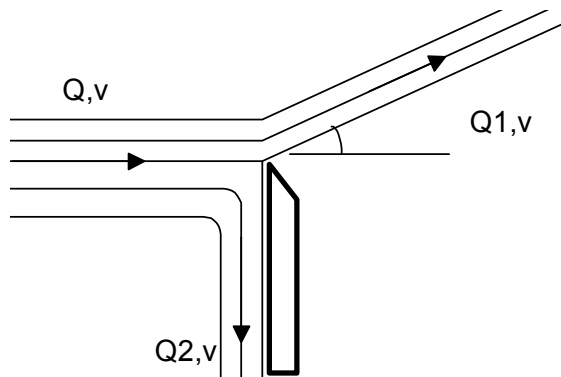


Hình 29



Hình 30

Bài 12A: Khuỷu ống dẫn nước nằm trong mặt phẳng nằm ngang xOy (h.2). Tính lực \vec{F} mà chất lỏng tác dụng lên khuỷu khi dòng chảy phun ra ngoài khí trời. Biết $Q = 2\text{m}^3/\text{s}$; $D = 1\text{m}$; $d = 0,6\text{m}$; $\rho = 10^3\text{kg/m}^3$; $\theta = 30^\circ$; $p_1 = 5 \cdot 10^5\text{Pa}$.



Hình 2

Câu 12B:

Một vòi phun nước có lưu lượng $Q=36\text{l/s}$ phun theo phương ngang với vận tốc $v=30\text{m/s}$ vào một bản phẳng đặt vuông góc với luồng nước. Khi gặp bản phẳng, luồng nước bị phân làm hai phần: phần chảy dọc theo bản phẳng có lưu lượng Q_2 , phần còn lại có lưu lượng Q_1 lệch một góc $\alpha = 45^\circ$ so với phương ngang. Xác định lực tác dụng lên bản phẳng và lưu lượng Q_1 . Bỏ qua trọng lượng chất lỏng và lực ma sát. Coi tiết diện dòng chảy tỷ lệ thuận với lưu lượng.

Tính lực tác dụng vào bản phẳng nếu dòng chảy phun thẳng vào bản phẳng và chia đều ra hai luồng.

TỔN THẤT CỘT NƯỚC

Bài 15: Hãy xác định tổn thất cột nước khi vận chuyển nước với vận tốc $v=1,31\text{cm/s}$ qua đường ống thép có đường kính không đổi $d = 200\text{mm}$, chiều dài $l=1500\text{m}$ với nhiệt độ của nước là 10°C . Cho biết độ nhám tương đương của ống thép $K_{td} = 0,45\text{mm}$, độ nhớt động học của nước ở nhiệt độ 10°C là $\nu = 0,0131\text{cm}^2/\text{s}$

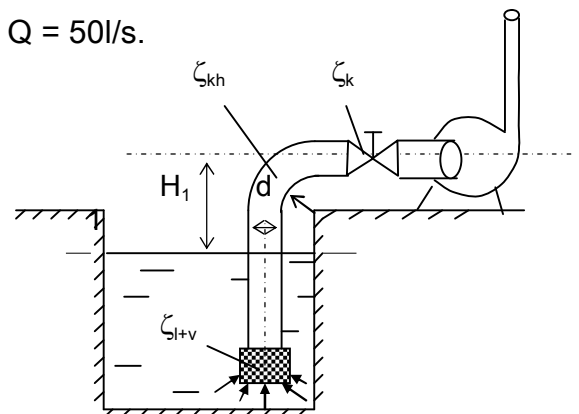
Bài 16: Hãy chứng minh rằng:

- Trong trường hợp đường ống nằm ngang mở rộng đột ngột, áp suất tại mặt cắt ngay sau khi đột mở luôn luôn lớn hơn áp suất tại mặt cắt ngay trước khi đột mở.
- Trong trường hợp đường ống nằm ngang co hẹp đột ngột, áp suất tại mặt cắt ngay sau khi đột thu luôn luôn nhỏ hơn áp suất tại mặt cắt ngay trước khi đột thu.

Bài 17: Một máy bơm lấy nước từ bể với lưu lượng $Q = 50\text{l/s}$.

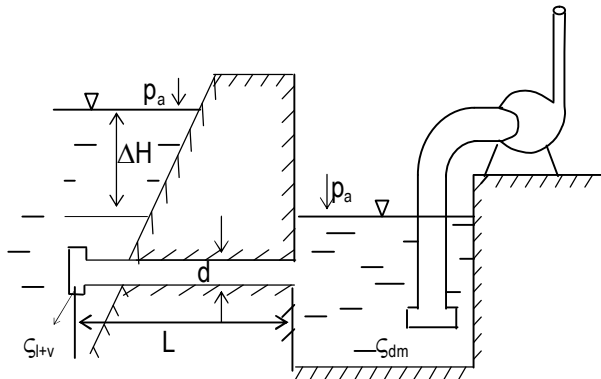
Xác định chiều cao lớn nhất H_1 tính từ mặt nước đến trục máy bơm nếu áp suất trước máy bơm $p_2 = 0,3 \cdot 10^5\text{Pa}$. Trên đường ống hút bằng gang có đường kính $d = 250\text{mm}$ và chiều dài $l = 50\text{m}$, có đặt một lưới chắn rác, khuấy ngoặt êm và một khoá điều chỉnh được mở 45° (h.31).

Cho biết $\zeta_{v+l} = 6$, $\zeta_{kh} = 2,4$; $\zeta_k = 5$; hệ số nhớt động học của nước $\nu = 0,0131\text{cm}^2/\text{s}$.

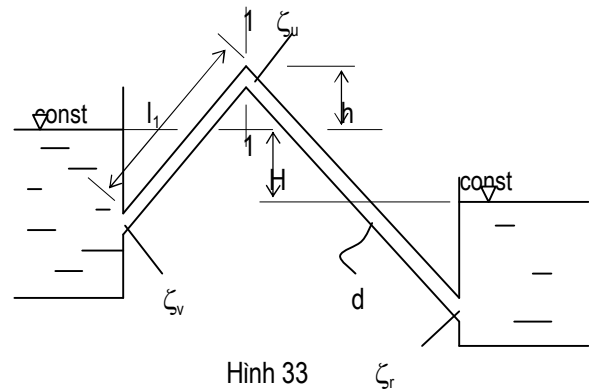


Bài 18: Một máy bơm có công suất $Q = 0,01\text{m}^3/\text{s}$ hút nước từ giếng. Giếng được nối với hồ chứa bằng đường ống gang có đường kính $d = 150\text{mm}$, chiều dài $L = 100\text{m}$, độ nhám tương đương $k_{td}=1\text{mm}$. Tại miệng vào của ống gang có đặt lưới.

Xác định độ chênh ΔH (h.32). Cho biết $\zeta_{l+v} = 6$; Nhiệt độ của nước là 20°C , độ nhớt động học của nước ở nhiệt độ này $\nu = 0,0101\text{cm}^2/\text{s}$.



Hình 32



Hình 33

Bài 19: Hãy xác định lưu lượng nước Q ở 15°C chuyển qua xi phông làm bằng đường ống thép mới, nếu đường kính của nó $d = 50\text{mm}$, chiều dài $l = 10\text{m}$. Độ chênh mực nước trong các bể $H = 1,2\text{m}$. Điểm cao nhất của xi phông nằm trên mực nước của bể thứ nhất $h = 1\text{m}$, còn khoảng cách từ chỗ vào đường ống đến mặt cắt 1-1 bằng $l_1 = 3\text{m}$ (h.33). Biết $k_{td} = 0,06\text{mm}$; $\zeta_u = 0,45$; độ nhớt động học của nước $\nu = 0,0115\text{cm}^2/\text{s}$.

Trả lời: $Q = 3,7\text{l/s}$

Bài 20: Xác định áp suất tại điểm cao nhất của xi phông làm bằng đường ống thép mới có đường kính $d = 50\text{mm}$, chiều dài $l = 10\text{m}$, tháo được lưu lượng nước $Q = 3,7\text{l/s}$. Độ chênh mực nước trong các bể $H = 1,2\text{m}$. Điểm cao nhất của xi phông nằm trên mực nước của bể thứ nhất $h = 1\text{m}$, còn khoảng cách từ chỗ vào đường ống đến mặt cắt 1-1 bằng $l_1 = 3\text{m}$. Hãy vẽ đường năng và đường đo áp.

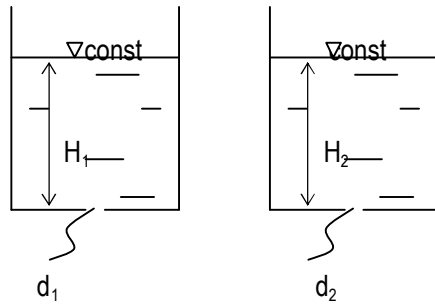
Cho biết $k_{td} = 0,06\text{mm}$; $\zeta_u = 0,45$; $\lambda = 0,0233$, độ nhớt động học của nước $\nu = 0,0115\text{cm}^2/\text{s}$ (h.33).

DÒNG CHẢY QUA LỖ VÒI

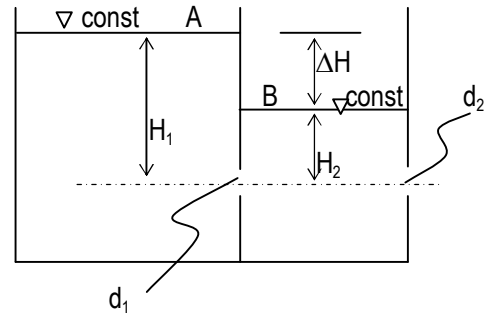
Bài 1: Nước chảy vào bình chứa với lưu lượng $Q = 0,25\text{l/s}$, sau đó chảy qua lỗ nhỏ đặt dưới đáy có đường kính $d_1 = 10\text{mm}$ ra ngoài ở phía dưới bình. Cũng với cái bình đó, một lỗ nhỏ đặt dưới đáy có đường kính $d_2 = 15\text{mm}$ (h.34). Hãy xác định:

- Cột nước H_1 và H_2 trong cả hai bình
- Xác định đường kính d_2 để cột nước H_2 bằng một nửa cột nước H_1

Cho biết dòng chảy qua các lỗ là co hẹp hoàn thiện



Hình 34

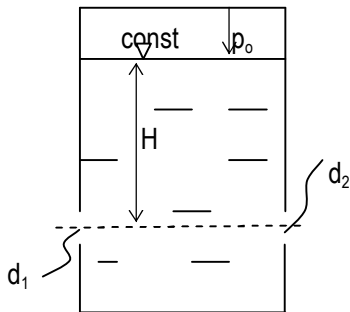


Hình 35

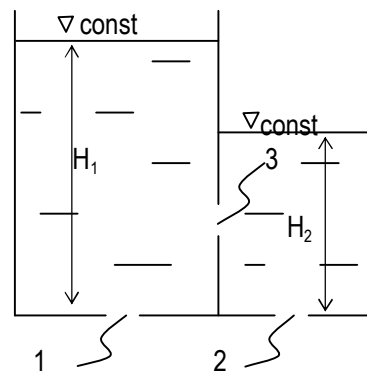
Bài 2: Nước chảy vào bể chứa A với lưu lượng không đổi $Q = 0,5\text{l/s}$. Từ bể chứa A nước chảy vào bể B qua lỗ có đường kính $d_1 = 15\text{mm}$. Từ bể chứa B qua lỗ nhỏ có đường kính $d_2 = 20\text{mm}$ nước chảy vào khí quyển. Cho biết mực nước trong hai bình cố định. (h.35). Cho biết dòng chảy qua các lỗ co hẹp hoàn thiện

- 1, Hãy xác định cột nước H_2 và độ chênh mực nước ΔH .
- 2, Với đường kính d_2 bằng bao nhiêu để cho $H_2 = 0,5H_1$.

Bài 3: Từ một bình kín nước chảy qua lỗ nhỏ thành mỏng và vòi hình trụ gắn ngoài có đường kính $d_1 = d_2 = 20\text{mm}$. Hãy xác định áp suất dư trên bề mặt thoáng của nước ở trong bình nếu độ chênh lưu lượng của lỗ và vòi $\Delta Q = 0,7\text{l/s}$, cột nước $H = 1,5\text{m}$ (h.36). Cho biết dòng chảy qua các lỗ co hẹp hoàn thiện.



Hình 36



Hình 37

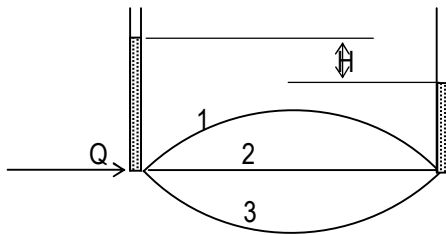
Bài 4: Nước chảy vào bể được phân thành hai buồng bởi vách ngăn thành mỏng, với lưu lượng $Q = 37\text{l/s}$. các lỗ ở vách ngăn và đáy bể giống nhau và có đường kính $d = 10\text{cm}$. Hãy xác định lưu lượng qua các lỗ ở dưới đáy (h.37). Cho biết dòng chảy qua các lỗ là co hẹp hoàn thiện.

CHUYỂN ĐỘNG ỔN ĐỊNH ĐỀU TRONG ỐNG CÓ ÁP

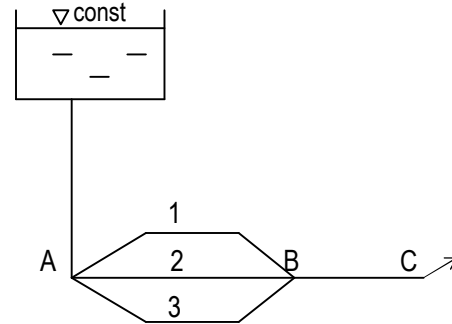
Bài 1: Tìm lưu lượng của một ống dài bằng gang thường có hệ số nhám $n = 0,0125$, đường kính $d = 250\text{mm}$; chiều dài $l = 800\text{m}$ chịu tác dụng của cột nước $H = 2,0\text{m}$

Bài 2: Tìm cột nước tác dụng H của dòng chảy trong ống dài bằng gang có hệ số nhám $n = 0,0125$, đường kính $d = 150\text{mm}$; chiều dài $l = 25\text{m}$, chuyển qua lưu lượng $Q = 40\text{l/s}$.

Bài 3: Một hệ thống đường ống gồm 3 ống dài nối song song dẫn lưu lượng $Q = 80\text{l/s}$. Chiều dài và đường kính của đoạn ống như sau: $d_1 = 150\text{mm}$; $l_1 = 500\text{m}$; $d_2 = 150\text{mm}$; $l_2 = 350\text{m}$; $d_3 = 200\text{mm}$; $l_3 = 1000\text{m}$ (h.38). Tìm lưu lượng nước chảy trong các đường ống (Q_1, Q_2, Q_3) và tổn thất cột nước giữa hai điểm nút A và B. Cho biết hệ số nhám của các đường ống $n = 0,0125$.



Hình 38



Hình 39

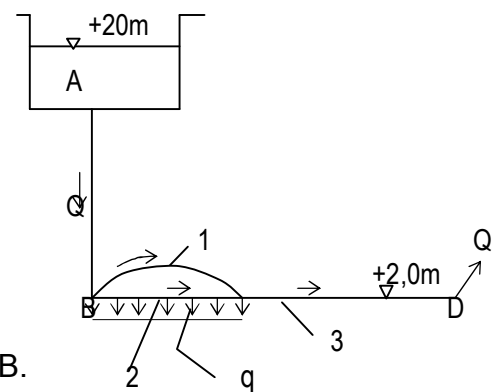
Bài 4: Trong đường ống dẫn (h.39) có các đường ống nối song song, chiều dài của chúng là $l_1 = 400\text{m}$; $l_2 = 200\text{m}$; $l_3 = 300\text{m}$; $l_{BC} = 500\text{m}$. Đặc trưng lưu lượng của chúng là $K_1 = 702\text{l/s}$; $K_2 = 387\text{l/s}$; $K_3 = 333\text{l/s}$; $K_{BC} = 1011\text{l/s}$. Cột nước đo áp tại điểm C là $H_C = 10\text{m}$. Hãy xác định cột nước đo áp tại điểm A nếu lưu lượng của đoạn đường ống BC là $Q_{BC} = 100\text{l/s}$. coi các đường ống làm việc ở khu BPSC.

Bài 5: Nước được cấp cho điểm D từ bể A với lưu lượng $Q = 150\text{l/s}$ qua hệ thống ống gồm 3 đoạn; trên đoạn 2 có nước cấp ra đều dọc ống với lưu lượng đơn vị $q = 0,06\text{l/s.m}$ (h.40) Cho biết:

- $d_1 = 0,25\text{m}$ ($K_1 = 0,6164 \text{ m}^3/\text{s}$)
- $l_2 = 300\text{m}$; $d_2 = 0,25\text{m}$ ($K_2 = 0,6164 \text{ m}^3/\text{s}$)
- $l_3 = 500\text{m}$; $d_3 = 0,30\text{m}$ ($K_3 = 1,006 \text{ m}^3/\text{s}$)

- 1, Tính lưu lượng nước mà đoạn 2 góp vào đoạn CD
- 2, Tính chiều dài đoạn 1 (l_1)

Bỏ qua tổn thất cục bộ và tổn thất trên đoạn AB.



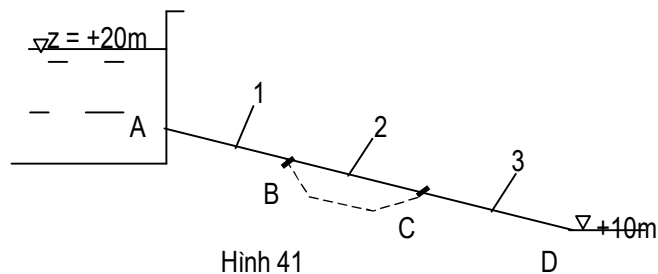
Hình 40

Bài 6: 1) Tính lưu lượng nước cấp ra ở D theo đường ống ABCD gồm 3 đoạn (h.41):

- Đoạn AB: $l_1 = 900\text{m}$; $d_1 = 0,60\text{m}$ ($K_1 = 6,386\text{m}^3/\text{s}$)
- Đoạn BC: $l_2 = 600\text{m}$; $d_2 = 0,50\text{m}$ ($K_2 = 3,927\text{m}^3/\text{s}$)
- Đoạn CD: $l_3 = 2100\text{m}$; $d_3 = 0,75\text{m}$ ($K_3 = 11,58\text{m}^3/\text{s}$)

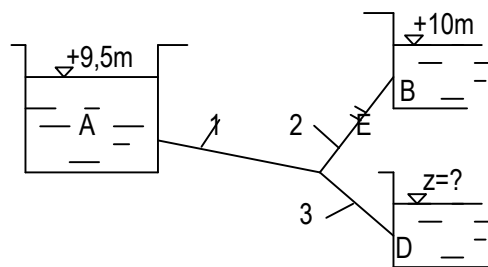
2) Để lưu lượng cấp ra ở D tăng thêm 20%, người ta đặt thêm một đường ống song song với đoạn BC (đường chấm chấm) có cùng chiều dài. Xác định đường kính cần thiết của đoạn ống thêm này. Bỏ qua các tổn thất cục bộ.

Cho biết $\frac{d(\text{m})}{K(\text{m}^3/\text{s})} = \frac{0,40}{2,166}, \frac{0,45}{2,965}$



Bài 7: Cho sơ đồ ống nối các bể như hình 42. Tính cao độ mặt nước (z) ở bể D nếu lưu lượng do bể B cấp là 28 l/s. Trên đoạn ống BC có tổn thất cục bộ tại E là 1m (van E chỉ mở một phần). Bỏ qua các tổn thất cục bộ khác. Cho biết:

- Đoạn 1: dài $l_1 = 200\text{m}$; đường kính $d_1 = 200\text{mm}$ ($K_1 = 341,1 \text{ l/s}$)
- Đoạn 2: dài $l_2 = 100\text{m}$; đường kính $d_2 = 175\text{mm}$ ($K_2 = 238,9 \text{ l/s}$)
- Đoạn 3: dài $l_3 = 150\text{m}$; đường kính $d_3 = 250\text{mm}$ ($K_3 = 616,4 \text{ l/s}$)



DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỎ

Bài 1: 1, Tính chiều rộng đáy (b) và chiều sâu nước (h) để mặt cắt hình thang của kênh là lợi nhất về thủy lực. Cho biết:

- Lưu lượng nước $Q = 12,6\text{m}^3/\text{s}$
- Vận tốc thiết kế $v = 0,9\text{m/s}$
- Hệ số dốc của mái kênh $m = 2,0$

2, Tính độ dốc của đáy kênh trong các điều kiện trên nếu hệ số nhám của lòng dẫn là $n = 0,020$.

Bài 2: Cho kênh hình thang chiều rộng đáy $b=12\text{m}$, hệ số mái dốc $m=1,5$, hệ số nhám $n=0,025$ và độ sâu chảy đều $h=3\text{m}$.

1. Tính lưu lượng qua kênh nếu độ dốc đáy kênh $i=0,0002$
2. Tính độ dốc đáy kênh nếu lưu lượng tháo qua kênh $Q=60\text{m}^3/\text{s}$

Bài 3: 1. Tính chiều rộng đáy b và chiều sâu nước trong kênh h để mặt cắt hình thang của kênh là lợi nhất về thủy lực. Cho biết:

- Lưu lượng nước $Q=12,6\text{m}^3/\text{s}$
- Vận tốc thiết kế $v=0,9\text{m/s}$
- Hệ số mái dốc kênh $m=2,0$

2. Tính độ dốc của đáy kênh trong các điều kiện trên nếu hệ số nhám của lòng dẫn là $n=0,020$

Bài 4: Xác định đường kính của ống tròn bằng bê tông cốt thép cho biết độ dốc $i=0,04$; hệ số nhám $n=0,013$. Khi nước chảy không áp trong ống với độ sâu $h=0,8H$, lưu lượng $Q=3\text{m}^3/\text{s}$. (Với $a=0,8$ tra biểu đồ với ống tròn ta có $A=K/K_0=1$)

Bài 5: Cho đường kính của một ống tròn $D=2,0\text{m}$ với dòng chảy đều trong kênh hở có $a=h/D=0,9$. Tính lưu lượng nước chảy trong kênh biết độ dốc đáy $i=0,0001$, hệ số nhám $n=0,013$.

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

Giảng viên: PGS. TS. NGUYỄN THỐNG

E-mail: nguyenthong@hcmut.edu.vn or nthong56@yahoo.fr

Web: <http://www4.hcmut.edu.vn/~nguyenthong/>

PGS. TS. Nguyễn Thống | Tél. (08) 38 640 979 - 098 99 66 719¹

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

NỘI DUNG MÔN HỌC

- Chương 1. Đặc tính chất lỏng.
- Chương 2. Thủy tĩnh học.
- Chương 3. Cơ sở động lực học chất lỏng.
- Chương 4. Đo đạc dòng chảy.
- Chương 5. Tổn thất năng lượng.
- Chương 6. Dòng chảy có áp trong mạng lưới ống.
- Chương 7. Lực tác dụng lên vật cản.
- Chương 8. Dòng chảy ổn định đều trong kênh.
- Chương 9^(*). Dòng chảy ổn định không đều trong kênh.
- Chương 10^(*). Đập tràn.

PGS. TS. Nguyễn Thống | (*) Thủy lực mở rộng

2

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thủy lực 1. TS. Nguyễn Cảnh Cầm và all.
2. Thủy lực 2. TS. Nguyễn Cảnh Cầm và all.
3. Cơ học chất lỏng. PGS. TS. Nguyễn Thống.

(Lưu hành nội bộ)

Tài liệu giảng download từ Web:

<http://www4.hcmut.edu.vn/~nguyenthong>

Kiểm tra cuối kỳ:

→ Thi viết 90 phút (Cho phép xem tài liệu)

PGS. TS. Nguyễn Thống

3

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

MỤC ĐÍCH MÔN HỌC

- Nghiên cứu các quy luật của chất lỏng khi đứng yên, chuyển động.
- Nghiên cứu sự tác động tương hỗ giữa nước và môi trường liên quan.

• **CHẤT LỎNG** (ví dụ nước)

Không có hình dạng cụ thể, phụ thuộc vào vật chứa.

PGS. TS. Nguyễn Thống

4

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Chương 1

ĐẶC TÍNH CHẤT LỎNG

Nghiên cứu các tính chất vật lý, cơ học cơ bản của chất lỏng (ví dụ nước).

PGS. TS. Nguyễn Thống

5

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG

Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

HỆ THỐNG ĐƠN VỊ

Để mô tả các đại lượng vật lý, có 3 đơn vị tham khảo cơ bản là **chiều dài**, **khối lượng** và **thời gian**.

→ Với hệ thống SI (Systeme Internationale):

- cho chiều dài là mét (m)
- cho khối lượng (Kg)
- cho thời gian (s)

→ Hệ thống đơn vị Anh-Mỹ: feet, lb, s

PGS. TS. Nguyễn Thống

6

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

ĐƠN VỊ CỦA LỰC → N (Newton)

*Trọng lượng $W [N] = \text{Khối lượng [Kg]} * g(9.81) [m/s^2]$*
 $[N] (\text{Newton}) = [kg] * [m/s^2]$

TRỌNG LƯỢNG RIÊNG ($\gamma = W/V$ (N/m^3)) (V thể tích)

- Trọng lượng riêng γ của một vật thể là trọng lượng của 1 đơn vị thể tích của vật thể đó.
- Cho chất lỏng, γ có thể lấy là hằng số trong trường hợp có sự thay đổi áp suất.
- Trọng lượng riêng đơn vị của nước ở nhiệt độ bình thường +4° C là 9810 N/m³, của thủy ngân là 134000 N/m³.

PGS. TS. Nguyễn Thống 7

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

KHỐI LƯỢNG RIÊNG CỦA CỐ THỂ $\rho = P/V$

P: khối lượng (kg), **V** thể tích (m³)
 $\rho = k/\text{lượng}$ của một đơn vị thể tích = γ/g (kg/m³)

Chú ý: $W = P.g$ (N); $\rho_{\text{nước}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

- TỶ TRỌNG CỦA CỐ THỂ**

Tỷ trọng của một cố thể là giá trị chỉ tỷ số giữa trọng lượng cố thể và trọng lượng của một đại lượng tham khảo (nước) làm chuẩn có cùng thể tích.

→ Tỷ trọng không có đơn vị (khác với ρ)

PGS. TS. Nguyễn Thống 8

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

TÍNH NHỚT CỦA CHẤT LỎNG

- Mọi chất lỏng đều có tính nhớt. Tính nhớt gây ra sự tương tác của các phân tử chất lỏng khi có sự chuyển động tương đối giữa chúng với nhau.
- Nhớt của chất lỏng là một đặc tính xác định tính chống lại lực cắt.
- Đây là một trong những nguồn gốc gây ra tổn thất năng lượng khi chất lỏng chuyển động.

PGS. TS. Nguyễn Thống 9

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

SƠ ĐỒ THÍ NGHIỆM TÍNH NHỚT CỦA CHẤT LỎNG

PGS. TS. Nguyễn Thống 10

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Ta có:

$$\Rightarrow F \approx A \frac{V}{y} \Rightarrow \tau \approx \frac{F}{A} = \frac{V}{y}$$

$$\Rightarrow \tau = \mu \frac{dV}{dy}$$

Vì:

$$\frac{V}{y} = \frac{dV}{dy}$$

PGS. TS. Nguyễn Thống 11

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

F(N) : lực tác dụng.
 $\tau(N/m^2)$: ứng suất tiếp tuyến sinh ra do tính nhớt chất lỏng.
A(m²): diện tích tiếp xúc.
 $\mu(?)$: hệ số nhớt **động lực học**, phụ thuộc loại chất lỏng (xem bảng sau).
 $\nu = \mu / \rho$: hệ số nhớt **động học**.

Bài tập: Dùng p/p phân tích đơn vị, xác định đơn vị của μ và ν .

PGS. TS. Nguyễn Thống 12

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Chất lỏng	t °C	μ (kg/ms)
Dầu xăng thường	18	0.0065
Nước	20	0.0101
Dầu hỏa	18	0.025
Dầu mỡ nhẹ	18	0.25
Dầu mỡ nặng	18	0.4
Dầu tourbin	20	1.528
Dầu nhờn	20	1.72
Glycerin	20	8.7

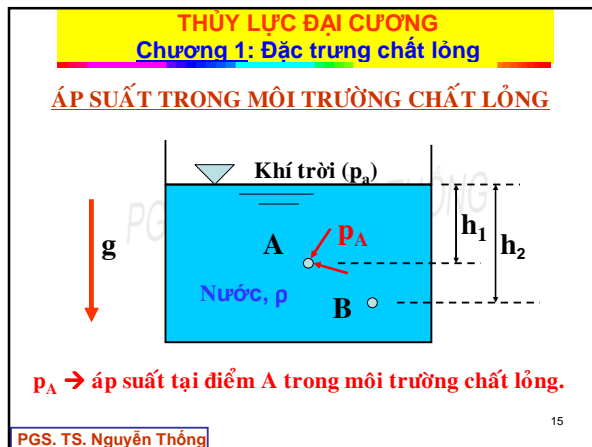
PGS. TS. Nguyễn Thống 13

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

SỨC CĂNG BỀ MẶT – HIỆN TƯỢNG MAO DẪN

- Một phân tử nằm bên trong chất lỏng cân bằng sẽ bị tác dụng lôi kéo bởi các lực trong mọi hướng, và vectơ tổng hợp của các lực này sẽ triệt tiêu.
- Một phân tử ở bề mặt của chất lỏng còn bị tác dụng bởi một lực dính bên trong và có phương thẳng góc với bề mặt. Do đó sẽ làm di chuyển các phân tử theo hướng ngược lại với lực này, và phân tử ở bề mặt mang nhiều năng lượng hơn là các phân tử ở bên trong.

PGS. TS. Nguyễn Thống 14



THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

XÁC ĐỊNH ÁP SUẤT TRONG CHẤT LỎNG BẰNG P/P PHÂN TÍCH ĐƠN VỊ

Giả thiết $p = f(\rho, g, h) = \rho^x g^y h^z$
 Ta có: $[p] = [\rho]^x [g]^y [h]^z$
 $\rightarrow N/m^2 = (kg/m^3)^x (m/s^2)^y (m)^z$
Chú ý $N = kg \cdot m/s^2$ ta có :
 $\rightarrow (kg)^1 (m)^{-1} (s)^{-2} = (kg)^x (s)^{-2y} (m)^{y+z-3x}$
Đồng nhất hóa 2 vế ta có:
 $\rightarrow x = 1; y = 1$ và $z = 1$
Từ đó ta có kết quả: $p = \rho gh = \gamma h$ (N/m²)

PGS. TS. Nguyễn Thống 16

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

CHÚ Ý

Áp suất dư \rightarrow Tính áp suất p với giả thiết chọn áp suất khí trời p_a làm chuẩn ($p_a = 0$).

PGS. TS. Nguyễn Thống 17

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Áp suất dư: $p = \rho gh = \gamma h$ (N/m²)

Giá tốc trọng trường (9.81m/s²)

Khối lượng riêng đơn vị chất lỏng (nước $\rho = 1000kg/m^3$)

Khoảng cách “thẳng đứng” từ điểm xét đến mặt thoáng (thực hoặc kéo dài)

PGS. TS. NGUYEN THONG 19

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Áp suất tuyệt đối p_t :

$$p_t = \rho gh + p_a = \gamma h + p_a \quad (\text{N/m}^2)$$

Áp suất khí trời

PGS. TS. Nguyễn Thông 19

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

SAI BIỆT ÁP SUẤT GIỮA 2 ĐIỂM TRONG CÙNG MÔI TRƯỜNG CHẤT LỎNG

Áp dụng công thức tính áp suất nêu trên tại hai vị trí ký hiệu 1 & 2 khác nhau ta có:

$$p_1 = \rho gh_1 = \gamma h_1 \quad (1)$$

$$p_2 = \rho gh_2 = \gamma h_2 \quad (2)$$

PGS. TS. Nguyễn Thông 20

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

SAI BIỆT ÁP SUẤT

(1) & (2) \rightarrow

$$p_2 - p_1 = \gamma(h_2 - h_1) \quad (\text{N/m}^2)$$

trong đó $\gamma = \rho g$ là trọng lượng đơn vị của chất lỏng (N/m^3) và $(h_2 - h_1)$ chỉ sai biệt chiều sâu giữa hai điểm xét (m).

$$\Rightarrow p_2 = p_1 + \gamma(h_2 - h_1)$$

PGS. TS. Nguyễn Thông 21

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

PGS. TS. Nguyễn Thông 22

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

- Nếu điểm thứ nhất nằm ở bề mặt tự do của chất lỏng và quy ước h có chiều dương theo hướng phía dưới (vào tâm quả địa cầu), chọn áp suất khí trời làm chuẩn, phương trình trên sẽ trở thành:

$$p = \gamma h \quad (\text{N/m}^2)$$

- Phương trình này được áp dụng với điều kiện γ là hằng số (hay biến đổi rất ít theo h nhằm đảm bảo không sinh ra sai số đáng kể trong kết quả).

PGS. TS. Nguyễn Thông 23

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

TÍNH CHẤT

Giả sử áp suất tại mặt thoáng gia tăng giá trị $\Delta p \rightarrow$ tất cả giá trị áp suất trong môi trường sẽ gia tăng bằng giá trị này.

PGS. TS. Nguyễn Thông 24

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

$p = p_x + \rho gh$
 $\Rightarrow p' = p + \Delta p = p_x + \Delta p + \rho gh$

PGS. TS. Nguyễn Thống 25

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Đơn vị của áp suất được cho bởi:

$p(N/m^2) = \frac{dF(N)}{dA(m^2)}$ **Vi phân lực**

trong điều kiện ở đó lực F là phân bố đồng nhất trên diện tích A, ta có:

$p(N/m^2) = \frac{F(N)}{A(m^2)}$

PGS. TS. Nguyễn Thống 26

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

NGUYÊN LÝ BÌNH THÔNG NHAU

PGS. TS. Nguyễn Thống 27

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Ta có: $p = \rho gh = \gamma h = \gamma(Z_{\text{mat-thoang}} - Z)$

\Rightarrow if $\gamma = \text{const} \Rightarrow Z = hs. \Rightarrow p = hs.$

PGS. TS. Nguyễn Thống

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Các điểm có cao trình như nhau (có chênh lệch độ cao bằng không) và cùng nằm trong một loại chất lỏng liên tục có ρ (γ) là hằng số \rightarrow có áp suất bằng nhau.

$\rightarrow p_A = p_B$ **Mặt chuẩn O-O**

PGS. TS. Nguyễn Thống 29

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

CỘT CHẤT LỎNG TƯƠNG ĐƯƠNG

Cột chất lỏng h tương đương với áp suất p là chiều cao của cột chất lỏng (trọng lượng riêng γ) đồng chất được xác định như sau:

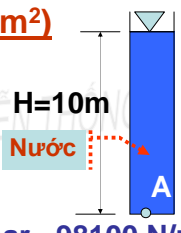
$h(m) = \frac{p(N/m^2)}{\gamma(N/m^3)}$

PGS. TS. Nguyễn Thống 30

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

ĐƠN VỊ ÁP SUẤT (N/m²)

Xét cột nước cao 10m.
 Áp suất tại A:
 $p_A = \rho g H = 98100 \text{ N/m}^2$
 $= 98100 \text{ Pa (Pascal)}$
 $= 1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ bar} = 98100 \text{ N/m}^2$



Chú ý: $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \cdot g (\text{m/s}^2) = 9,81 \text{ N}$

PGS. TS. Nguyễn Thông 31

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

CO DẪN THỂ TÍCH THEO ÁP SUẤT
MODULE ĐÀN HỒI (E)

Định nghĩa: Tỷ số của sự thay đổi giá trị áp suất (dp) tương ứng với sự thay đổi của 1 đơn vị thể tích (dV/V_0):

$$E = - \frac{dp}{dV/V_0} (\text{N/m}^2) \text{ (nước } 0.21 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2)$$

(dấu - vì dp và dV luôn trái dấu và để có E dương)

hệ số co dẫn thể tích theo áp suất (β_v) được định nghĩa bởi:

$$\beta_v = \frac{1}{E} = - \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dp} (\text{m}^2/\text{N})$$

PGS. TS. Nguyễn Thông 32

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

CO DẪN THỂ TÍCH VÌ NHIỆT

Hệ số co dẫn vì nhiệt β_T dùng để chỉ sự biến đổi của thể tích dV , với thể tích ban đầu V_0 khi nhiệt độ thay đổi $dT^\circ\text{C}$:

$$\beta_T = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dT} (1/^\circ\text{C})$$

Đối với chất lỏng thường các giá trị β_T rất bé, có thể bỏ qua và xem như chất lỏng không co giãn dưới tác dụng của nhiệt độ.

PGS. TS. Nguyễn Thông 33

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 1. Cho biết $V=5 \text{ m}^3$ dầu có trọng lượng $W=41.3 \text{ KN}$. Tính trọng lượng riêng γ và khối lượng riêng ρ của dầu. Cho biết gia tốc trọng trường $g=9.81 \text{ m/s}^2$.

Bài 2. Tìm sự thay đổi thể tích của 1 m^3 nước khi áp suất gia tăng 2 at. Cho biết hệ số co giãn thể tích do sự thay đổi áp suất là:

$$\beta_v = 5 \cdot 10^{-5} (\text{cm}^2 / \text{kgf})$$

Lấy $g=9,81 \text{ m/s}^2$.

PGS. TS. Nguyễn Thông 34

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 3. Thể tích nước sẽ giảm đi bao nhiêu khi áp suất tăng từ 1 at lên 51 at, nếu thể tích ban đầu là $V_0 = 100 \text{ dm}^3$. Cho biết hệ số co dẫn thể tích theo áp suất của nước $\beta_v = 5.0 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$ (ĐS. -0.245l).

Bài 4. Biết rằng với thể tích nước ban đầu $V_0 = 4 \text{ m}^3$ sẽ giảm đi 1 dm^3 khi áp suất gia tăng 5 at. Tính module đàn hồi E của nước.

PGS. TS. Nguyễn Thông 35

THỦY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 5. Một bể kín chứa đầy dầu dưới áp suất 5 at. Khi tháo ra ngoài 50 lít dầu (bình vẫn đầy), áp suất trong bể giảm xuống còn 3 at. Xác định dung tích bể chứa V_0 , cho biết hệ số co dẫn thể tích theo áp suất của dầu là $\beta_v = 7,55 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$ (337.5 m^3).

Bài 6. Dầu trong một ống dẫn có hệ số nhớt động học $\nu = 0,64 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ và khối lượng riêng $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$. Giả sử gradient vận tốc tại thành đường ống dẫn là $dV/dy = 4 \text{ s}^{-1}$. Tính ứng suất tiếp do ma sát nhớt tại thành ống.

PGS. TS. Nguyễn Thông 36

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 7. Tính áp suất dư p tại A & B cho các trường hợp sau:

(a) $h_2=2m$, $h_1=2m$, $h_1=5m$, $h_2=3m$

(b) $h_1=2m$

(c) $h_1=5m$, $h_2=3m$

Lấy $g=10m/s^2$.

PGS. TS. Nguyễn Thống 37

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 8. Cho bình thông nhau như hình. Hai chất lỏng không trộn lẫn nhau có $\rho_1=1000kg/m^3$ và $\rho_2=1200kg/m^3$. Tính chênh lệch h của 2 mặt thoáng. Lấy $g=10m/s^2$.

Không khí (p_a)

$h=?$, $H_1=2m$

PGS. TS. Nguyễn Thống 38

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 9. Tính H_x :

Bình kín

Không khí $p_{dur}=0.4at$

Khí trời

$h_2=2m$, $h_1=8m$, $H_x=?$

Lấy $g=10m/s^2$.

PGS. TS. Nguyễn Thống 39

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

Bài 10. Cho thí nghiệm như hình vẽ. Khoảng giữa hai tấm song song cách nhau $4mm$ là chất lỏng có hệ số nhớt động lực là $\mu=1,72kg/ms$. Tấm di chuyển phía trên với vận tốc $v=0.5m/s$ có diện tích $S=1m^2$. Xác định lực F .

Tấm di chuyển $V=0,5m/s$

Tấm cố định

$e = 4mm$

Dầu

F

PGS. TS. Nguyễn Thống 40

THUY LỰC ĐẠI CƯƠNG
Chương 1: Đặc trưng chất lỏng

HẾT

Xin cảm ơn!

PGS. TS. Nguyễn Thống 41