

BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ

GIÁO TRÌNH

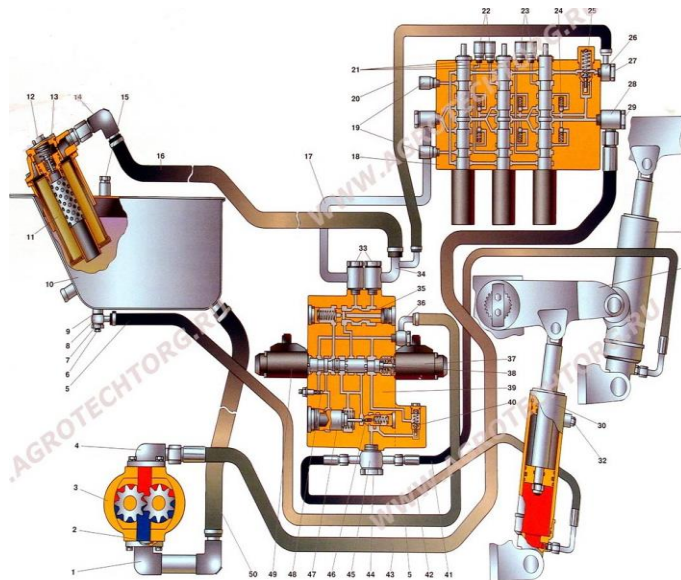
Tên môn học: Cơ sở thủy khí

và máy thủy khí

NGHỀ: KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ
ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ

TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP NGHỀ

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 120 /QĐ –TCDN ngày 25 tháng 2 năm 2013
của Tổng cục trưởng Tổng cục dạy nghề*



Hà Nội, Năm 2013

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN:

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình “Cơ sở thủy khí và máy thủy khí “ được biên soạn dựa trên chương trình môn học của môn “Cơ sở thủy khí và máy thủy khí” giảng dạy cho các khối CAO ĐẲNG NGHỀ, TRUNG CẤP NGHỀ dành cho các ngành kỹ thuật đặc biệt cho ngành KỸ THUẬT MÁY LẠNH VÀ ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ. Nhằm giúp sinh viên có tài liệu học tập và dùng tài liệu để tham khảo tính toán tổn thất năng lượng cho mạng nhiệt, tính toán công suất bơm quạt máy nén.

Giáo trình gồm có:

Chương 1: KHÁI NIỆM CHUNG VÀ NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG

Chương 2: THỦY TĨNH HỌC

Chương 3: THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

Chương 4: TỔN THẤT NĂNG LƯỢNG

Chương 5: MÁY THỦY KHÍ

Xin chân thành cảm ơn bộ môn CÔNG NGHỆ NHIỆT ĐIỆN LẠNH thuộc trường CĐKT CAO THẮNG giúp tôi hoàn thiện giáo trình này.

Tài liệu được biên soạn không trách khỏi thiếu sót.

Rất mong bạn đọc góp ý kiến để tài liệu được hoàn thiện hơn.

Chân thành cảm ơn.

Tp.HCM, tháng 06 năm 2012

Tham gia biên soạn

- 1. Chủ biên: LÊ ĐÌNH TRUNG*
- 2. VŨ KẾ HOẠCH*
- 3. NGÔ THỊ MINH HIẾU*

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
Lời nói đầu:	2
Mục lục	3
CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC: CƠ SỞ THỦY KHÍ VÀ MÁY THỦY KHÍ	7
Chương 1: KHÁI NIỆM CHUNG VÀ NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG.	9
1. Đối tượng và ứng dụng của môn học cơ học chất lưu.	9
1.1. Đối tượng.....	9
1.2. Nhiệm vụ của thủy tĩnh học.	9
1.3. Ứng dụng.....	9
1.4. Phương pháp nghiên cứu môn học.....	10
2. Các tính chất cơ bản của chất lưu	10
2.1. Tính chất chung.....	10
2.2. Khối lượng riêng – Trọng lượng riêng và tỷ trọng.	10
2.3. Tính nhớt.	12
2.4. Tính giãn nở- tính nén được.....	14
3. Khái niệm về chất lỏng lý tưởng.	16
4. Các loại lực tác dụng lên chất lỏng.	16
4.1. Lực bề mặt.	16
4.2. Lực khối	17
BÀI TẬP CHƯƠNG 1	17
TRẮC NGHIỆM CHƯƠNG 1	17
Chương 2: THỦY TĨNH HỌC	20
1. Áp suất thủy tĩnh	20
1.1. Khái niệm.	20
1.2. Trạng thái tĩnh.	21
1.3. Áp suất thủy tĩnh.	21
1.4. Các đơn vị đo áp suất.	21
1.5. Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh.	22
2. Phương trình Ôle.	22
2.1. Phương trình vi phân cân bằng của chất lỏng tĩnh (Ôle thủy tĩnh).....	22
2.2. Phân tích phương trình Ôle thủy tĩnh.....	23
2.3. Ứng dụng phương trình trong trường hợp tĩnh tuyệt đối.	23
2.4. Ý nghĩa của phương trình cơ bản.	23
3. Các bài toán ứng dụng.....	24
3.1. Mặt đẳng áp.	24

3.2. Các áp suất.	25
3.3. Các dụng cụ đo áp.	27
4. Định luật Pascal.	29
5. Chuyển động của bình chứa chất lỏng phẳng với gia tốc không đổi.	30
5.1. Hàm phân bố áp suất.	30
5.2. Phương trình mặt đẳng áp.	31
5.3. Nhận xét.	31
6. Chất lỏng trong bình trục chuyển động quay với vận tốc góc $\omega = \text{const}$	31
6.1. Hàm phân bố áp suất.	31
6.2. Phương trình mặt đẳng áp.	32
6.3. Nhận xét.	33
7. Lực tác dụng của chất lỏng lên vật đặt trong chất lỏng.	33
7.1. Mặt phẳng.	33
7.2. Mặt cong.	34
8. Vật đặt trong chất lỏng ổn định – vật nổi.	35
8.1. Định luật Archimedes.	35
8.2. Vật đặt trong chất lỏng.	35
8.3. Vật nổi.	36
BÀI TẬP CHƯƠNG 2.	37
TRẮC NGHIỆM CHƯƠNG 2.	38
Chương 3: THỦY ĐỘNG LỰC HỌC.	41
1. Khái niệm chung.	41
1.1. Các thông số cơ bản.	41
1.2. Đặc tính động học của chất lỏng.	42
1.3. Phân loại chuyển động.	44
2. Phương trình liên tục.	45
2.1. Phương trình liên tục của dòng nguyên tố.	45
2.2. Phương trình liên tục toàn dòng.	46
3. Phương trình chuyển động.	46
3.1. Phương trình Öle thủy động.	46
3.2. Phương trình Navier – Stokes.	47
4. Phương trình Bernoulli.	48
4.1. Phương trình Bernoulli cho dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chuyển động ổn định.	48
4.2. Mở rộng phương trình cho toàn dòng.	49
4.3. Vận dụng phương trình Bernoulli vào ống pitot và ống venturi.	50

5. Ý nghĩa của phương trình Becnully.	53
5.1. Về mặt năng lượng.	53
5.2. Về mặt hình học	53
TRẮC NGHIỆM CHƯƠNG 3	53
Chương 4: TỖN THẤT NĂNG LƯỢNG	56
1. Khái niệm chung.	56
1.1. Tổn thất năng lượng.	56
1.2. Tổn thất dọc đường.	57
1.3. Tổn thất cục bộ.	57
2. Thí nghiệm Reynolds.	57
2.1. Thí nghiệm Reynolds.	57
2.2. Phân loại trạng thái chảy.	58
2.3. Số Reynolds.....	58
3. Tổn thất dọc đường (h_d).	59
3.1. Đặc điểm của tổn thất dọc đường.....	59
3.2. Hệ số ma sát λ	60
3.3. Công thức tính hệ số ma sát λ	61
4. Tổn thất cục bộ (h_c).	62
4.1. Đặc điểm của tổn thất cục bộ.	62
4.2. Hệ số tổn thất cục bộ.	63
5. Tính toán thủy lực.	65
5.1. Phân loại đường ống thủy lực.	65
5.2. Tính toán đường ống đơn giản.	66
5.3. Tính toán đường ống phức tạp.	67
BÀI TẬP CHƯƠNG 4	69
TRẮC NGHIỆM CHƯƠNG 4	72
Chương 5: MÁY THỦY KHÍ	75
1. Định nghĩa.	75
1.1. Bơm.	75
1.2. Quạt.	75
1.3. Máy nén.....	75
2. Phân loại	76
3. Các thông số chính của máy thủy khí.	77
3.1. Cột áp	77
3.2. Lưu lượng.....	77
3.3. Công suất – Hiệu suất.	77

BÀI TẬP CHƯƠNG 5	80
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	83

TÊN MÔN HỌC: CƠ SỞ THỦY KHÍ VÀ MÁY THỦY KHÍ

Mã môn học: MH 22

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

+ Môn Cơ sở thủy khí và máy thủy khí là môn học liên quan đến khối các môn kỹ thuật cơ sở và thường được bố trí học ngay từ học kỳ II năm thứ nhất của chương trình đào tạo các ngành kỹ thuật trong đó có ngành kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí.

+ Môn cơ sở thủy khí và máy thủy khí là môn học cơ sở rất quan trọng, giúp cho học sinh, sinh viên tiếp thu các môn học chuyên ngành một cách dễ dàng đồng thời học tập mô đun như bơm quạt máy nén.

+ Là môn học bắt buộc.

Mục tiêu của môn học:

- Phân tích tính chất cơ học, vật lý của lưu chất ở trạng thái tĩnh.
- Ứng dụng tính toán các thông số lưu chất ở trạng thái tĩnh.
- Phân tích tính chất cơ học, vật lý của lưu chất ở trạng thái chuyển động.
- Ứng dụng tính toán các thông số lưu chất ở trạng thái chuyển động.
- Phân tích và tính toán các dòng chảy của chất lỏng.
- Phân loại máy thủy lực
- Thông số làm việc cơ bản của một máy thủy lực.

Nội dung của môn học:

STT	Tên chương/ mục	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành bài tập	Kiểm tra* (LT hoặc TH)
I	Khái niệm chung và những tính chất vật lý cơ bản của chất lỏng	4	3	1	
	1. Đối tượng và ứng dụng của môn học cơ học chất lưu.	0.5	0.5		
	2. Các tính chất cơ bản của chất lưu.	2.5	1.5	1	
	3. Khái niệm về chất lỏng lý tưởng.	0.5	0.5		
	4. Các loại lực tác dụng lên chất lỏng.	0.5	0.5		

II	Thủy tĩnh học	6	5	1	
	1. Áp suất thủy tĩnh.	1	1		
	2. Phương trình Öle.	1	1		
	3. Các bài toán ứng dụng	0.5	0.5		
	4. Định luật Pascal.	0.5	0.5		
	5. Chuyển động của bình chứa chất lỏng phẳng với gia tốc không đổi.	0.5	0.5		
	6. Chất lỏng trong bình trục chuyển động quay với vận tốc không đổi.	1.5	0.5	1	
	7. Lực tác dụng của chất lỏng lên vật đặt trong chất lỏng.	0.5	0.5		
III	8. Vật đặt trong chất lỏng ổn định – vật nổi.	0.5	0.5		
	Thủy động lực học	8	5	2	1
	1. Khái niệm chung.	1	1		
	2. Phương trình liên tục	1.5	0.5		
	3. Phương trình chuyển động.	1	1	1	
IV	4. Phương trình Becnully.	4	2	1	1
	5. Ý nghĩa của phương trình Becnully.	0.5	0.5		
V	Tổn thất năng lượng.	8	5	3	
	1. Khái niệm chung.	1	1		
	2. Thí nghiệm Reynolds.	0.5	0.5		
	3. Tổn thất dọc đường.	1	1		
	4. Tổn thất cục bộ.	1	1		
5. Tính toán thủy lực đường ống.	4.5	1.5	3		
V	Máy thủy khí.	4	2	1	1
	1. Định nghĩa	0.5	0.5		
	2. Phân loại.	0.5	0.5		
	3. Các thông số chính của máy thủy khí.	3	1	1	1
Cộng		30	20	8	2

CHƯƠNG 1: KHÁI NIỆM CHUNG VÀ NHỮNG TÍNH CHẤT VẬT LÝ CƠ BẢN CỦA CHẤT LỎNG

Mã chương: MH22 – 01

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức cơ bản ban đầu về môn học cơ học chất lưu, các tính chất cơ bản của chất lưu, phân tích các lực tác dụng lên chất lỏng.

Mục tiêu:

- Trình bày một số tính chất vật lý, động học, động lực chủ yếu của chất lỏng.
- Phân tích các lực tác dụng lên chất lỏng.
- Tính toán các lực trên một bề mặt đang xét.

Nội dung chính:

1. ĐỐI TƯỢNG VÀ ỨNG DỤNG CỦA MÔN HỌC CƠ HỌC CHẤT LƯU:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về đối tượng nghiên cứu thủy khí, nhiệm vụ của thủy khí, ứng dụng trong thực tế của môn học và các phương pháp nghiên cứu tìm hiểu về thủy khí thủy lực.

1.1. Đối tượng:

Môn học thủy khí hay còn gọi là môn học cơ học chất lưu. Đối tượng nghiên cứu của môn học là chất lỏng. chất lỏng ở đây theo nghĩa rộng, bao gồm chất lỏng ở thể nước- chất lỏng không nén được (khối lượng riêng không thay đổi) và chất lỏng ở thể khí (khối lượng riêng thay đổi).

Thủy khí nghiên cứu quy luật cân bằng và sự chuyển động của chất lỏng, thông thường trong giáo trình ta chia ra làm 2 phần:

Trạng thái tĩnh: nghiên cứu các điều kiện cân bằng của chất lỏng ở trạng thái tĩnh.

Động học chất lỏng: nghiên cứu chuyển động chất lỏng theo thời gian, không kể đến nguyên nhân gây ra chuyển động.

1.2. Nhiệm vụ của thủy tĩnh học:

Nghiên cứu các ứng dụng có kết quả hợp lý đưa vào thực tiễn và cuộc sống.

1.3. Ứng dụng của môn học này:

Thủy khí động lực có ứng dụng rất rộng rãi trong các ngành khoa học, kỹ thuật như giao thông vận tải, hàng không, cơ khí, nhiệt lạnh, công nghệ hóa học liên quan đến sự chuyển động chất lỏng, chất khí hoặc liên quan đến các lưu chất:

- Chất khí, hơi (bị nén và không bị nén)
- Chất lỏng: nước, dầu, cồn, kim loại nấu chảy

- Hỗn hợp: khí + lỏng, khí + rắn, lỏng + rắn

1.4. Phương pháp nghiên cứu môn học:

Dùng 3 phương pháp sau đây:

- Lý thuyết: sử dụng môn học toán học, chủ yếu là toán giải tích, phương trình vi phân và sử dụng các định luật bảo toàn khối lượng (Phương trình liên tục, năng lượng (Phương trình Bernoulli), định lý biến thiên động lượng (Phương trình động lượng), momen động lượng và các định luật khác.

- Phương pháp thực nghiệm: dùng trong các trường hợp không thể dùng lý thuyết để giải thích.

- Bản thực nghiệm: kết hợp lý thuyết và thực hành.

2. CÁC TÍNH CHẤT CƠ BẢN CỦA CHẤT LƯU:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về lưu chất, khối lượng riêng, trọng lượng riêng, tỷ trọng của chất lỏng và chất khí. Khảo sát tính nhớt và các độ nhớt động học độ nhớt động lực của lưu chất.

1.1. Tính chất chung:

Lưu chất có những đặc điểm sau:

- Có tính liên tục và di động cao
- Không có hình dạng nhất định
- Không chống được lực kéo và lực cắt
- Chất lỏng chống nén cao, chất khí nén

1.2. Khối lượng riêng – Trọng lượng riêng và tỷ trọng:

1.2.1. Khối lượng riêng:

Khối lượng m của chất lỏng được đặc trưng bởi khối lượng của một đơn vị thể tích V hay còn gọi là mật độ hay còn gọi là khối lượng đơn vị:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Khối lượng riêng thay đổi khi nhiệt độ và áp suất thay đổi. nếu nhiệt độ tăng thì khối lượng riêng giảm.

Đối với chất lỏng thì sự thay đổi không đáng kể (ta có bảng số liệu dưới đây):

t °C	0	4	10	30	60	80	100
$\rho(\text{kg/m}^3)$	999.9	1000	999.7	995.7	983.3	971.8	958.4

Vậy ta có $\rho_{\text{H}_2\text{O}} (\text{ở } 4^\circ\text{C}) = 10^3 \text{ kg/m}^3$

Đối với chất khí sự thay đổi khối lượng theo nhiệt độ và áp suất được biểu diễn bằng phương trình trạng thái. Ta có bảng số liệu sau:

t °C	-3		27			100
P(Pa)	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁶
ρ(kg/m ³)	1.33	13.3	1.127	11.27	112.7	0.916

ρ_{kk} (ở 0°C, 760mmHg) = 1,29kg/m³

Một số khối lượng riêng các chất thường gặp:

- Nước biển: 1030 kg/m³
- Thủy ngân: 13546 kg/m³
- Glixerin: 1260 kg/m³
- Dầu: 800 kg/m³

1.2.2. Trọng lượng riêng:

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích hay còn gọi là trọng lượng đơn vị:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \rho \cdot g \quad (\text{N/m}^3, \text{kg/m}^2\text{s}^2)$$

Quan hệ giữa khối lượng riêng và trọng lượng riêng:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Trong đó g: gia tốc trọng trường thường lấy giá trị = 9,81 m/s² hay ≈ 10 m/s²

$$m = \frac{G}{g} \Rightarrow \gamma_{H_2O}^{4^\circ C} = 9,81 \cdot 10^3 \left(\frac{N}{m^3} \right)$$

1.2.3. Tỷ trọng δ: (tỷ khối):

Đối với chất lỏng là tỷ số giữa trọng lượng riêng của chất lỏng với trọng lượng riêng của nước ở 4°C.

$$\delta_{cl} = \frac{\gamma_{cl}^{4^\circ C}}{\gamma_{H_2O}^{4^\circ C}} = \frac{\rho_{cl}^{4^\circ C}}{\rho_{H_2O}^{4^\circ C}} \Rightarrow \delta = f(p, t)$$

Đối với chất khí: là tỷ số giữa trọng lượng riêng của chất khí với trọng lượng riêng của không khí ở điều kiện tiêu chuẩn.

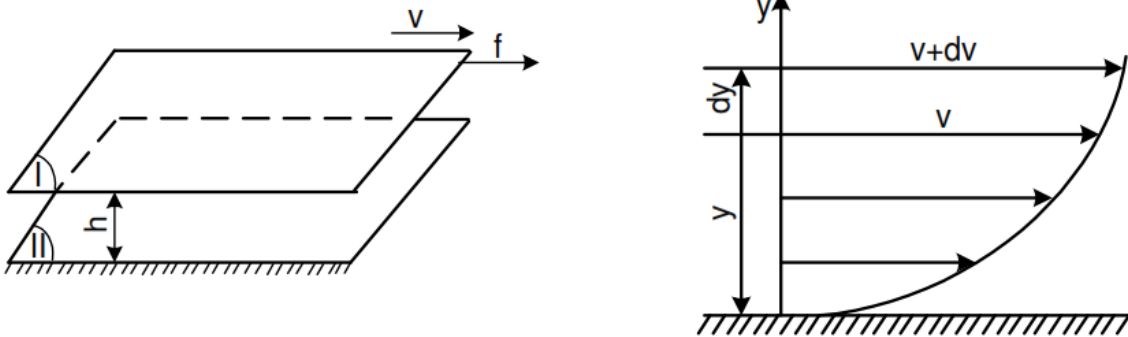
$$\delta_{ck} = \frac{\gamma_{ck}^{dktc}}{\gamma_{kk}^{dktc}} = \frac{\rho_{ck}^{dktc}}{\rho_{kk}^{dktc}}$$

TT	Tên gọi	KLR, ρ (kg/m ³)	TLR γ(N/m ³)	Tỷ trọng δ	Nhiệt độ °C	Áp suất at
1.	Nước sạch	1000	9810	1	4	
2.	Xăng	700	6867	0.7	16	
3.	Thủy ngân	13550	132925.5	13.55	16	

4.	Sắt	7800	76518	7.8		
5.	Cồn	800	7829	0.8		
6.	Dầu madut	900	8829	0.9		
7.	Không khí	1.127	11.77	$1.127 \cdot 10^{-3}$	27	1

1.3. Tính nhớt:

Tính nhớt là tính cản trở chuyển động của chất lỏng. ta nghiên cứu tính nhớt dựa vào thí nghiệm Newton. Ta có 2 tấm phẳng hình 1.1, tấm phẳng dưới II cố định. Tấm phẳng trên I di động có diện tích là S chuyển động dưới ngoại lực F, giữa 2 tấm phẳng có 1 lớp mỏng chất lỏng có chiều cao h. Sau một thời gian tấm I sẽ chuyển động đều với vận tốc v song song với tấm phẳng II.



Thí nghiệm cho thấy rằng các phân tử chất lỏng dính chặt vào tấm I sẽ di chuyển với vận tốc u, còn những phân tử dính chặt vào tấm II thì không chuyển động. vận tốc các phân tử lỏng giữa 2 tấm phẳng tăng theo quy luật tuyến tính và tỉ lệ với khoảng cách tấm II.

Tính nhớt là tính chống lại sự dịch chuyển nó biểu hiện sức dính phân tử hay là khả năng lưu động của lưu chất.

- Tính nhớt là nguyên nhân làm nảy sinh ma sát trong
- Định luật ma sát trong của Newton:

“Sức ma sát giữa các lớp lưu chất chuyển động với dung tích tiếp xúc của các lớp đó, không phụ thuộc vào áp lực, phụ thuộc vào gradient vận tốc theo phương thẳng góc với phương chuyển động và phụ thuộc vào loại lưu chất”.

- Lực ma sát trong:

$$T = \mu S \frac{du}{dy} (N)$$

Ứng suất tiếp của lực nhớt:

$$\tau = \frac{T}{S} = \mu \frac{du}{dy} (N/m^2)$$

Trong đó:

T: lực ma sát giữa hai lớp lưu chất

μ : hệ số nhớt động lực, phụ thuộc vào loại lưu chất

S: dung tích tiếp xúc giữa hai lớp lưu chất

du/dy : gradient vận tốc theo phương vuông góc với dòng chảy, đặc trưng cho tốc độ biến dạng của lưu chất.

τ : ứng suất tiếp của lực nhớt

μ : Ns/m², Poazơ (p), Centi Poazơ (cp)

1p = 100cp = 0.1Ns/m²

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$: Hệ số nhớt động học

ν : m²/s, Stôc (St), centi Stôc (cSt)

1St = 100cSt = 1cm²/s = 10⁻⁴ m²/s

Bảng độ nhớt động học của một số chất:

STT	t, °C	ν , St
Nước	20	0.0001
Dầu: PS- 46	30	46
Dầu: IC- 30	50	30
Không khí	27	13,94.10 ⁻¹¹

- Ảnh hưởng của nhiệt độ và áp suất tới độ nhớt của chất lỏng và chất khí

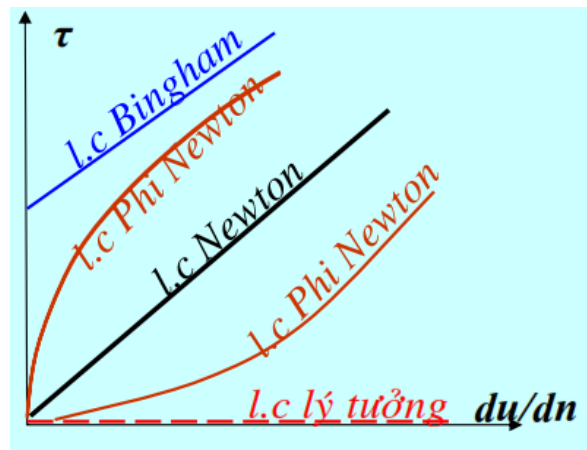
Các hệ số μ, ν thay đổi theo nhiệt độ và áp suất, nhìn chung μ, ν của chất lỏng giảm khi nhiệt độ tăng và tăng khi áp suất tăng, còn đối với chất khí tăng khi nhiệt độ tăng và giảm khi áp suất tăng. (chất lỏng và chất khí trái ngược nhau)

- Phân biệt chất lỏng Newton và phi Newton

Những chất lỏng tuân theo định luật Newton thì gọi là chất lỏng Newton như: dầu, nước, xăng, cồn

Còn những chất lỏng không tuân theo định luật Newton thì gọi là chất lỏng phi Newton như: keo, hồ, sơn

Tính giãn nở - tính nén được.



2.4. Tính giãn nở - tính nén được:

2.4.1. Tính nén được:

Được đặc trưng bởi hệ số nén β_p (m^2/N) đó là sự thay đổi thể tích của chất lỏng khi áp suất thay đổi 1 đơn vị:

$$\beta_p = -\frac{dV}{V_o} \frac{1}{dp} \left(\frac{m^2}{N} \right)$$

$dV = V - V_o$: Lượng thay đổi thể tích

$dp = p - p_o$: Lượng thay đổi áp suất

V_o, p_o : Thể tích, áp suất ban đầu

V : Thể tích ở điều kiện áp suất p

Thể tích và khối lượng riêng của lưu chất ở điều kiện áp suất p :

$$V = V_o(1 - \beta_p \cdot dp)$$

$$\rho = \frac{\rho_o}{1 - \beta_p \cdot dp}$$

Suy ra:

Đại lượng nghịch đảo của hệ số nén được là Môđun đàn hồi thể tích (N/m^2):

$$E = \frac{1}{\beta_p} = -\frac{dp}{\frac{dv}{V_o}} \left(N/m^2 \right)$$

Tính nén của chất lỏng phụ thuộc vào áp suất và nhiệt độ. Nhưng sự phụ thuộc này thay đổi không đáng kể ví dụ:

- Khi $p = 10^5 Pa$, $t = 0^\circ C$ thì $E = 2,01 \cdot 10^9 N/m^2$

- Cùng áp suất đó nhưng $t = 20^\circ C$ thì $E = 2,2 \cdot 10^9 N/m^2$

Điều này cũng giải thích được khả năng hấp thụ chất khí và khả năng hòa tan muối trong nước khi nhiệt độ tăng.

Trong kỹ thuật thường có thể bỏ qua tính nén của chất lỏng, nhưng nếu có sự thay đổi áp suất lớn đột ngột và đặc biệt đối với những thể tích chất lỏng lớn chuyển động thì không thể bỏ qua tính nén này ví dụ trong máy nén có sự va đập thủy lực...

* V/d: Nước từ $0^{\circ}\text{C} \div 20^{\circ}\text{C}$, $p = 1 \div 500\text{at}$ thì $E = 2.10^9$

Suy ra $\beta_p = 0,5.10^{-9} \text{ (m}^2/\text{N)} \rightarrow$ rất nhỏ \rightarrow nước không nén được.

2.4.2. Tính dẫn nở:

Khi nhiệt độ thay đổi thì thể tích các chất đều thay đổi. $\Rightarrow \beta_T$ là hệ số dẫn nở của chất lỏng. đó là sự tăng thể tích tương đối khi nhiệt độ của chất lỏng tăng lên 1 độ:

$$\beta_T = \frac{dV}{V_o} \frac{1}{dT} \text{ (1/độ)}$$

Suy ra Thể tích và khối lượng riêng ở điều kiện nhiệt độ T:

$$V = V_o(1 + \beta_T dT)$$

$$\rho = \frac{\rho_o}{1 + \beta_T dT}$$

Ví dụ nước ở $p = 1\text{at}$, $t = 4 \div 10^{\circ}\text{C} \rightarrow \beta_T = 0,000014 \text{ (1/độ)}$

$T = 10 \div 20^{\circ}\text{C} \rightarrow \beta_t = 0,00015 \text{ (1/độ)}$

Nếu áp suất tăng lên đến 10^7Pa thì $\beta_t = 0,0043 \text{ (1/độ)}$ (tăng gấp 3 lần)

Nếu nhiệt độ tăng từ từ, độ chênh lệch nhiệt độ không đáng kể thì chúng ta cũng có thể bỏ qua sự dẫn nở thể tích của chất lỏng. Nhưng khi sự thay đổi nhiệt độ lớn thì xét đến sự thay đổi thể tích chất lỏng. Ví dụ trong hệ thống sưởi ấm thì sự thay đổi thể tích do nhiệt độ là cho nước chuyển động.

Đối với chất khí lý tưởng: $pV = RT$

$$V = \frac{1}{\rho} \text{ (m}^3/\text{kg)}$$

V: thể tích riêng,

$$R = \frac{8314}{M} = 287 \text{ (J/kg)}$$

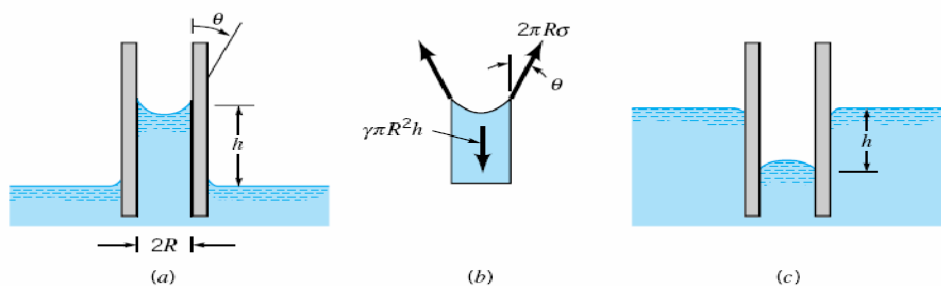
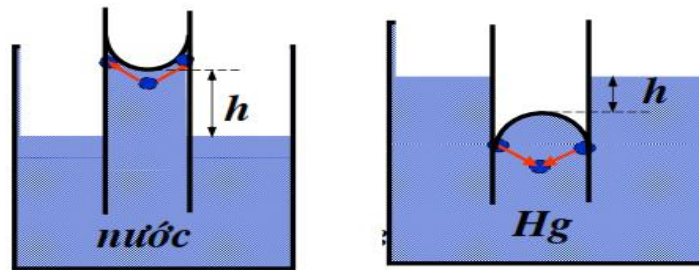
R: hằng số chất khí

M: phân tử lượng của chất khí.

* Sức căng bề mặt:

- Trong nội bộ chất lỏng, các lực phân tử tự cân bằng.

- Tại biên giới chỗ tiếp xúc với chất khí, chất rắn thì các lực phân tử không cân bằng do đó hình thành sức căng trên bề mặt phân cách, sức căng cố làm cho mặt chất lỏng thu nhỏ lại.



* Tính bốc hơi và hòa tan chất khí trong chất lỏng:

- Tính bốc hơi phụ thuộc vào bản chất của lưu chất và điều kiện môi trường.
- Chất lỏng có khả năng hút và hòa tan các khí khác vào trong nó.

V/d: Nước ở điều kiện bình thường có thể hòa chứa trong nó 2% thể tích của nó.

3. KHÁI NIỆM VỀ CHẤT LỎNG LÝ TƯỞNG:

Mục tiêu: cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về lưu chất lý tưởng.

Lưu chất lý tưởng:

- Không có tính nhớt ($\mu = 0$)
- Hoàn toàn di động
- Hoàn toàn không chống được lực cắt và lực kéo
- Hoàn toàn không nén được

Điểm khác nhau cơ bản trong lưu chất thực và lưu chất lý tưởng là tính nhớt.

⇒ Lưu chất lý tưởng không có lực nhớt → không có ma sát trong → không tổn thất năng lượng khi chuyển động.

4. CÁC LOẠI LỰC TÁC DỤNG LÊN CHẤT LỎNG:

Mục tiêu: Định nghĩa và phân loại các lực tác dụng lên chất lỏng.

4.1. Lực bề mặt:

Là lực tác dụng lên mặt ngoài, tỉ lệ với diện tích mặt tác dụng: $P_{bm} = f(S)$

Ví dụ như: Áp lực: $P_{ap} = p.S$, Lực ma sát: $T = \tau.S \dots$

4.2. Lực khối:

Là lực tác dụng lên mỗi phân tử lưu chất, và tỉ lệ với khối lượng của phân tử lưu chất đó: $P_k = f(m)$

Ví dụ: Trọng lực: $G = m.g$. Lực quán tính: (Chuyển động thẳng: $P = m.a$ và Chuyển động ly tâm: $P = m.r.\omega^2$)

Bài tập chương 1:

1. Ống dẫn nước có đường kính $d = 500\text{mm}$ và dài $l = 1000\text{m}$, chứa đầy nước ở trạng thái tĩnh dưới áp suất $p_0 = 4\text{at}$ và nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$. Bỏ qua sự biến dạng và nén, giãn nở của thành ống khi nhiệt độ nước trong ống tăng lên $t_1 = 15^\circ\text{C}$.

Ở điều kiện đó nước có hệ số giãn nở $\beta_t = 0,000014(1/\text{độ})$ và hệ số nén $\beta_p = \frac{1}{21000}$ (cm^2/kg)

Giải:

$$V \text{ nước ở } t_0 = 5^\circ\text{C} \quad V_0 = \frac{\pi d^2}{4} l = 196,25(\text{m}^3)$$

Khi $\Delta t = t_1 - t_0 = 10^\circ\text{C}$ thì $\Delta V = V_0 \cdot \Delta t \cdot \beta_t = 196,25 \cdot 10 \cdot 0,000014 \approx 0,028 \text{ m}^3$

Sự tăng áp suất trong ống khi thể tích tăng lên được xác định như sau:

$$\Delta p = \frac{\Delta V}{V_0 \beta_p} = \frac{0,028}{196,25} 21000 = 3,001 (\text{kG}/\text{cm}^2) = 3\text{at}$$

Vậy áp suất trong ống lúc đó là: $p_1 = p_0 + \Delta p = 4 + 3 = 7\text{at}$

2. Để làm thí nghiệm thủy lực, người ta đổ đầy nước vào một đường ống có đường kính $d = 300\text{mm}$, chiều dài $L = 50\text{m}$ ở áp suất khí quyển. Hỏi lượng nước cần thiết phải đổ vào ống là bao nhiêu để áp suất đạt tới 51at ? Biết hệ số nén ép

$$\beta_p = \frac{1}{20000} \text{at}^{-1}$$

Giải:

Lượng nước cần thiết phải đổ vào ống để áp suất tăng lên 51at là:

$$\text{Ta có hệ số giãn nở do áp lực: } \beta_p = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \Rightarrow dV = \beta_p \cdot V \cdot dp$$

$$\text{Do } dV, dp \text{ đồng biến nên: } \beta_p = +\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \Rightarrow dV = \beta_p \cdot V \cdot dp$$

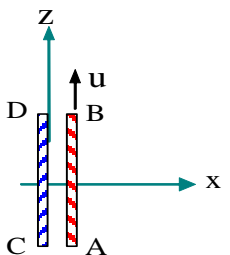
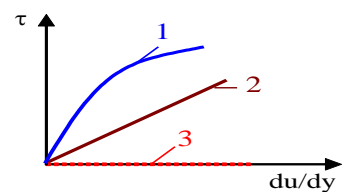
$$\text{Mà thể tích } V = S \cdot L = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot (0,3)^2}{4} \cdot 50 = 3,5325 \text{m}^3$$

$$\Rightarrow dV = \frac{1}{20000} \cdot 3,5325 \cdot (51 - 1) = 8,84 \cdot 10^{-3} (\text{m}^3) = 8,84 (\text{liter})$$

Vậy cần phải thêm vào ống $8,84$ lít nước nữa để áp suất tăng từ 1at lên 51at .

* Ngân hàng câu hỏi và đáp án chi tiết chương 1:

TT	CÂU HỎI	ĐÁP ÁN
1	<p><i>Các nghiên cứu của môn thủy lực được thực hiện cho:</i></p> <p>a) Lưu chất trong điều kiện không bị nén. b) Chất khí trong điều kiện không bị nén. c) Chất lỏng. d) Cả 3 đáp án kia đều đúng.</p>	D
2	<p><i>Câu nào sau đây sai:</i></p> <p>a) Chất lỏng mang hình dạng bình chứa nó b) Chất lỏng bị biến dạng khi chịu lực kéo c) Môđun đàn hồi thể tích của không khí lớn hơn của nước d) Hệ số nén của không khí lớn hơn của nước</p>	C
3	<p><i>Trọng lượng riêng của chất lỏng là:</i></p> <p>a) Trọng lượng của một đơn vị khối lượng chất lỏng. b) Khối lượng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng. c) Trọng lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng. d) Khối lượng của một đơn vị thể tích chất lỏng.</p>	C
4	<p><i>Tỷ trọng (δ) của một loại chất lỏng là:</i></p> <p>a) Tỷ số giữa trọng lượng riêng và khối lượng riêng của chất lỏng đó. b) Tỷ số giữa trọng lượng riêng của chất lỏng đó và trọng lượng riêng của nước ở 4⁰C c) Tỷ số giữa trọng lượng riêng của nước ở 4⁰C và trọng lượng riêng của chất lỏng đó d) Chưa có đáp án chính xác.</p>	B
5	<p><i>Một loại dầu có tỉ trọng $\delta = 0,75$ thì khối lượng riêng bằng:</i></p> <p>a) 750 N/m³ b) 750 kg/m³ c) 750. 9,81 N/m³ d) 750. 9,81 kg/m³</p>	B
6	<p><i>Hệ số nén β_p của chất lỏng được tính theo công thức:</i></p> <p>a) $\beta_p = -\frac{dV}{V_0} \frac{1}{dp}$ b) $\beta_p = \frac{dV}{V_0} \frac{1}{dp}$ c) $\beta_p = -\frac{V}{dV_0} dp$ d) $\beta_p = \frac{V}{dV_0} \frac{1}{dp}$</p>	A
7	<p><i>Hệ số dẫn nở β_T của chất lỏng được tính theo công thức:</i></p>	B

	<p>a) $\beta_T = -\frac{dV}{V_0} \frac{1}{dT}$ b) $\beta_T = \frac{dV}{V_0} \frac{1}{dT}$</p> <p>c) $\beta_T = -\frac{V}{dV_0} dT$ d) $\beta_T = \frac{V}{dV_0} \frac{1}{dT}$</p>	
8	<p>Hai tấm phẳng AB và CD đặt song song và sát nhau, ở giữa là dầu bôi trơn. Tấm CD cố định, tấm AB chuyển động với vận tốc u. Lực ma sát giữa hai tấm phẳng được tính theo công thức $T = \mu.S. \frac{du}{dy}$ với y là phương:</p>  <p>a) Trùng với phương x, gốc tọa độ đặt trên tấm CD</p> <p>b) Trùng với phương x, gốc tọa độ đặt trên tấm AB.</p> <p>c) Theo chiều chuyển động u.</p> <p>d) Trùng với phương z.</p>	A
9	<p>Ghép các đường cong dưới đây cho phù hợp với loại chất lỏng:</p>  <p>a) 1: Chất lỏng Newton, 2: Chất lỏng lý tưởng</p> <p>b) 3: Chất lỏng lý tưởng, 2: Chất lỏng phi Newton</p> <p>c) 1: Chất lỏng phi Newton, 3: Chất lỏng lý tưởng</p> <p>d) 2: Chất lỏng phi Newton, 1: Chất lỏng Newton</p>	C
10	<p>Khi nhiệt độ tăng:</p> <p>a) Độ nhớt của các chất thể lỏng và thể khí tăng.</p> <p>b) Độ nhớt của các chất thể lỏng và thể khí giảm.</p> <p>c) Độ nhớt của các chất thể lỏng giảm.</p> <p>d) Độ nhớt của các chất thể khí giảm.</p>	C

CHƯƠNG 2: THỦY TĨNH HỌC

Mã chương: MH22 – 02

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức về áp suất thủy tĩnh, các tính chất của áp suất thủy tĩnh, mặt đẳng áp, định luật Pascal, nắm được định luật Asimet của một chất lỏng.

Mục tiêu:

- Xác định được áp suất thủy tĩnh.
- Trình bày và phân tích các tính chất của áp suất thủy tĩnh.
- Thiết lập được phương trình mặt đẳng áp.
- Trình bày được mặt đẳng áp, và 2 tính chất của mặt đẳng áp.
- Trình bày được phương trình cơ bản của thủy tĩnh học, định luật Pascal.
- Trình bày và thiết lập phương trình sự chuyển động của bình chứa chất lỏng thẳng đứng với gia tốc không đổi.
- Trình bày và thiết lập phương trình sự chuyển động của bình chứa chất lỏng nằm ngang với gia tốc không đổi.
- Trình bày được một số khái niệm về áp lực, áp lực chất lỏng lên mặt phẳng nằm ngang, mặt phẳng bất kỳ.
- Trình bày được định luật Asimet của một chất lỏng.

Nội dung chính:

1. ÁP SUẤT THỦY TĨNH:

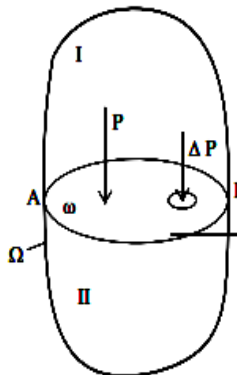
Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về khái niệm áp suất thủy tĩnh, đơn vị và hai tính chất của áp suất thủy tĩnh.

1.1. Khái niệm:

Do tác dụng của ngoại lực (lực khối, lực bề mặt) nên trong nội bộ chất lỏng xuất hiện những ứng suất, ứng suất này gọi là áp suất thủy tĩnh.

Ta minh họa như sau:



Để thực hiện rõ hơn khái niệm áp suất thủy tĩnh trong chất lỏng, ta xét một phân tử lỏng có dạng như hình trên, cắt phân tử lỏng ra làm 2 phần, phần I tác dụng lên phần II qua mặt cắt s. Bỏ I mà vẫn giữ II ở trạng thái cân bằng thì phải thay tác dụng I lên II bằng lực P gọi là áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt s. P được gọi là áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt S

$$\vec{P}_{tb} = \frac{\vec{P}}{S}$$

- Áp suất trung bình trên diện tích S:

$$\vec{P} = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{\vec{P}}{S}$$

- Áp suất điểm:

1.2. Trạng thái tĩnh:

Tĩnh học chất lỏng nghiên cứu quy luật cân bằng của chất lỏng ở trạng thái tĩnh. Người ta chia ra làm 2 trạng thái tĩnh:

+ Tĩnh tuyệt đối: chất lỏng không chuyển động so với hệ tọa độ cố định gắn liền với trái đất có lực khối: trọng lực

+ Tĩnh tương đối: chất lỏng chuyển động so với hệ tọa độ cố định nhưng giữa chúng không có chuyển động tương đối có lực khối: trọng lực, lực quán tính

+ Ở trạng thái tĩnh có thể coi chất lỏng thực như chất lỏng lý tưởng vì không có lực nhớt xuất hiện.

1.3. Áp suất thủy tĩnh:

Áp suất thủy tĩnh là những ứng suất gây ra bởi các ngoại lực tác dụng lên chất lỏng ở trạng thái tĩnh.

1.4. Các đơn vị đo áp suất:

$$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 10\text{mH}_2\text{O} (\text{ở } 4^\circ\text{C}) = 735,5 \text{ mmHg} = 14,28\text{psi (Pound persquare)} = 1\text{kG}/\text{cm}^2$$

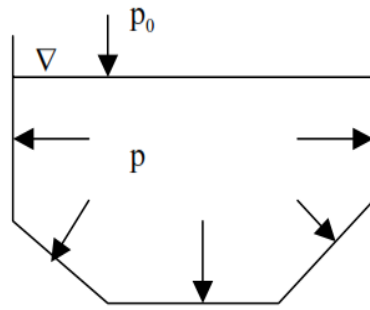
$$1\text{bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1\text{Torr} = 1\text{mmHg}$$

1.5. Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh:

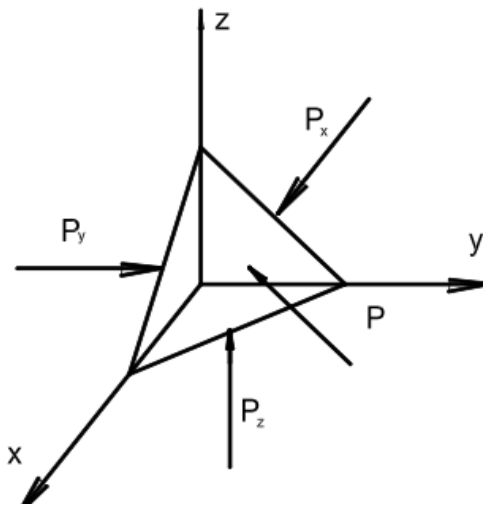
1.5.1. Tính chất số 1:

Áp suất thủy tĩnh luôn luôn tác dụng thẳng góc và hướng vào bề mặt chịu tác dụng.



1.5.2. Tính chất số 2:

Áp suất thủy tĩnh theo mọi phương bằng nhau. Ta có $P_x = P_y = P_z = P_n$

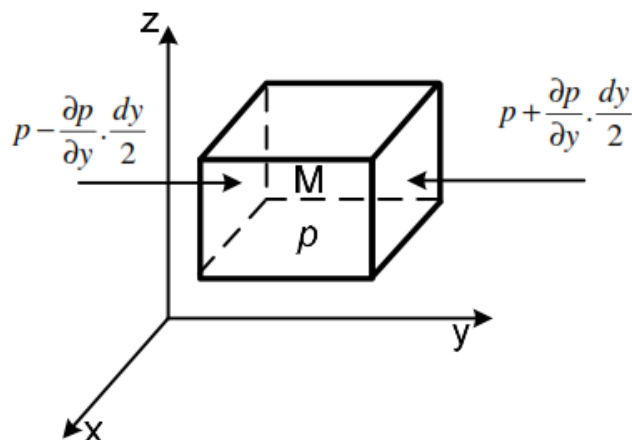


2. PHƯƠNG TRÌNH Ô LE:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về cách hình thành các phương trình Ôle, ứng dụng và ý nghĩa của phương trình Ôle.

2.1. Phương trình vi phân cân bằng của chất lỏng tĩnh (Ôle thủy tĩnh):



(Do euler lập ra 1755)

Biểu hiện mối quan hệ giữa ngoại lực tác dụng vào một phần tử chất lỏng với nội lực sinh ra trong đó, cụ thể là áp suất thủy tĩnh.

Phương trình cân bằng lực tác dụng lên phương Ox:

$$F_x \cdot \rho \cdot dx dy dz + \left(p - \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz - \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} dx\right) dy dz = 0$$

$$\Leftrightarrow F_x \cdot \rho \cdot dx dy dz - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz = 0$$

2.1.1. Phân tích phương trình Ôle thủy tĩnh:

Chia 2 vế cho $m = \rho dx dy dz$.

Chia theo 3 phương ta có phương trình ole thủy tĩnh viết dưới dạng vi phân:

$$F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

Tương tự như vậy theo phương Oy, Oz

$$F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

Trong đó F_x, F_y, F_z là hình chiếu của gia tốc lực khối theo các phương O_x, O_y, O_z

Vì vậy phương trình ole thủy tĩnh viết dưới dạng vectơ: $\vec{F} - \frac{1}{\rho} \overline{\text{grad} p} = 0$

Phương trình ole thủy tĩnh viết dưới dạng vi phân toàn phần của áp suất:

$$d_p = \rho(F_x dx + F_y dy + F_z dz)$$

CM: $F_x dx + F_y dy + F_z dz = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) = \frac{1}{\rho} d_p$ suy ra

$$d_p = \rho(F_x dx + F_y dy + F_z dz).$$

2.3. Ứng dụng phương trình trong trường hợp tĩnh tuyệt đối:

Ứng dụng phương trình trong trường hợp tĩnh tuyệt đối là tìm ra các phương trình cơ bản thủy tĩnh dạng 1 và dạng 2 để ứng dụng trong các bài toán về các loại dụng cụ đo áp suất. (3.1.3)

2.4. Ý nghĩa của phương trình cơ bản:

2.4.1. Ý nghĩa về mặt hình học:

z : Độ cao hình học.

p/γ : Độ cao của một cột chất lỏng biểu thị áp, gọi là độ cao đo áp.

$z + p/\gamma = H_t = \text{const}$ gọi là cột áp thủy tĩnh tuyệt đối.

Vậy trong một môi trường chất lỏng cân bằng, cột áp thủy tĩnh luôn luôn bằng một hằng số đối với mọi điểm.

2.4.2. Ý nghĩa về mặt năng lượng:

z : vị năng đơn vị

p/γ : áp năng đơn vị

$z + p/\gamma = e_t = \text{const}$: thế năng đơn vị.

Vậy trong môi trường chất lỏng ở trạng thái cân bằng thế năng đơn vị luôn luôn là hằng số đối với mọi điểm.

3. CÁC BÀI TOÁN ỨNG DỤNG:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về mặt đẳng áp, tính chất của 1 mặt đẳng áp, ứng dụng phương trình ole vào bài toán tĩnh tuyệt đối, các loại áp suất và các dụng cụ đo áp suất

3.1. Mặt đẳng áp:

3.1.1. Mặt đẳng áp là (mặt phẳng hoặc cong) mặt có áp suất thủy tĩnh tại mỗi điểm đều bằng nhau.

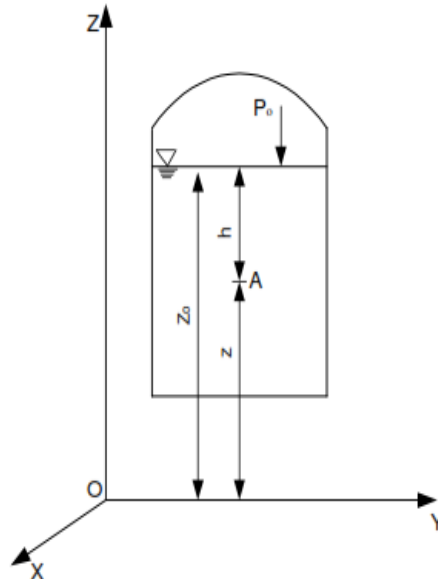
Phương trình có dạng: $\rho = \text{const}$, $d_p = 0 \Rightarrow Xdx + Ydy + Zdz = 0$

3.1.2. Tính chất của mặt đẳng áp:

- Hai mặt đẳng áp khác nhau thì không cắt nhau.
- Lực khối tác dụng thẳng góc với mặt đẳng áp.
- Trên cùng một mặt đẳng áp ρ không đổi.
- Mặt đẳng áp cũng là một mặt đẳng thế, mặt đẳng nhiệt.

3.1.3. Ứng dụng phương trình Ole thủy tĩnh vào bài toán:

Trường hợp tĩnh tuyệt đối.



- Lực khối: $\vec{G} = m\vec{g}$
- Gia tốc lực khối: $\vec{F} = \vec{g}$

Chọn trục tọa độ như hình vẽ:

Hình chiếu của gia tốc lực khối lên O_x, O_y, O_z là:

$$F_x = F_y = 0; F_z = -g$$

$$d_p = \rho(F_x dx + F_y dy + F_z dz) = -\rho g dz = -\gamma dz$$

$$p = -\rho g z + C,$$

Điều kiện biên khi $z = z_0, p = p_0 \rightarrow C = p_0 + \rho g z_0$

$$\Leftrightarrow p = -\rho g z + p_0 + \rho g z_0 = p_0 + \rho g(z_0 - z)$$

Suy ra: $p_0 + \gamma(z_0 - z)$ (1)

(1) Dạng thứ nhất của phương trình cơ bản thủy tĩnh được áp dụng để tính áp suất tại điểm bất kì trong chất lỏng đứng cân bằng.

Chia pt (1) cho γ ta được :

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

(2) Dạng thứ hai của pt cơ bản thủy tĩnh

Mặt khác ta lại có pt mặt đẳng áp: $F_x dx + F_y dy + F_z dz = 0$

$$F_z = -g \Rightarrow -g dz = 0$$

$$\Rightarrow dz = 0 \Rightarrow z = \text{const}$$

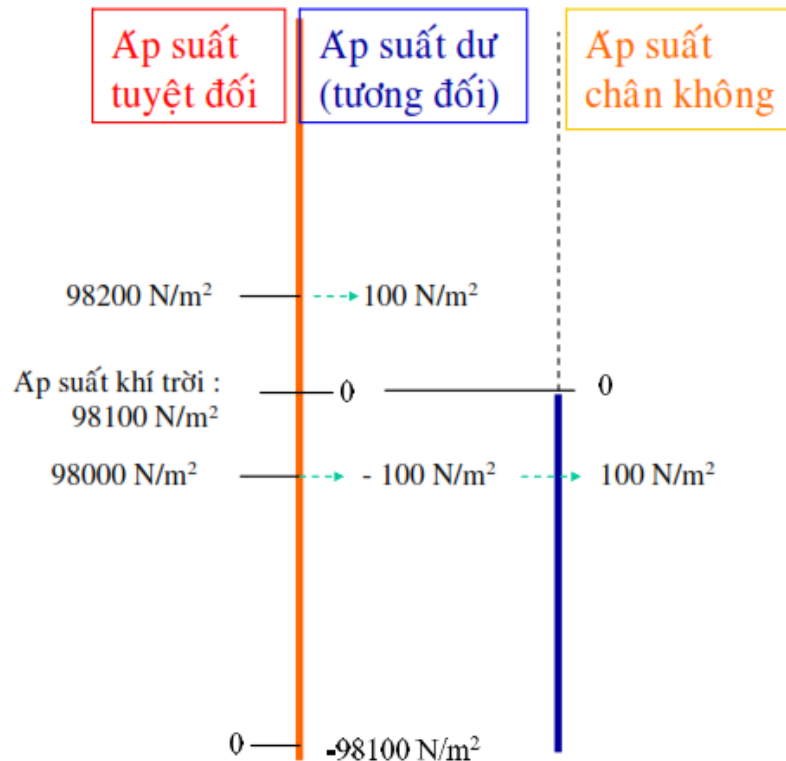
Vậy trong trường hợp tĩnh tuyệt đối mặt đẳng áp là các mặt phẳng nằm ngang.

Đối với chất khí lí tưởng:

$$\text{Ta có: } \begin{cases} d_p = -\rho g dz \\ p = \rho RT \end{cases} \Rightarrow \frac{d_p}{p} = -g \frac{dz}{RT(z)}$$

$T(z)$: sự thay đổi nhiệt độ theo độ cao.

3.2. Các áp suất:



3.2.1. Áp suất tuyệt đối p_{td} : là áp suất toàn phần và được xác định theo công thức:

$$p = p_0 + \gamma h$$

3.2.2. Áp suất dư p_d : nếu $p_{td} > p_a$ thì chúng ta có áp suất dư $p_d = p - p_a$

Nếu mặt thoáng chất lỏng tiếp xúc với khí trời: $p_d = \gamma h$

3.2.3. Áp suất chân không p_{ck} : nếu $p_{td} < p_a$ thì chúng ta có áp suất chân không

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

$$p_{ck} = -p_d$$

giá trị p_{ckmax} gần bằng $10mH_2O$

Áp suất có thể biểu diễn dưới dạng chiều cao của cột chất lỏng (nước, thủy ngân, rượu, dầu, ...)

Từ $p \rightarrow$ độ cao tuyệt đối: $h = \frac{p}{\gamma}$

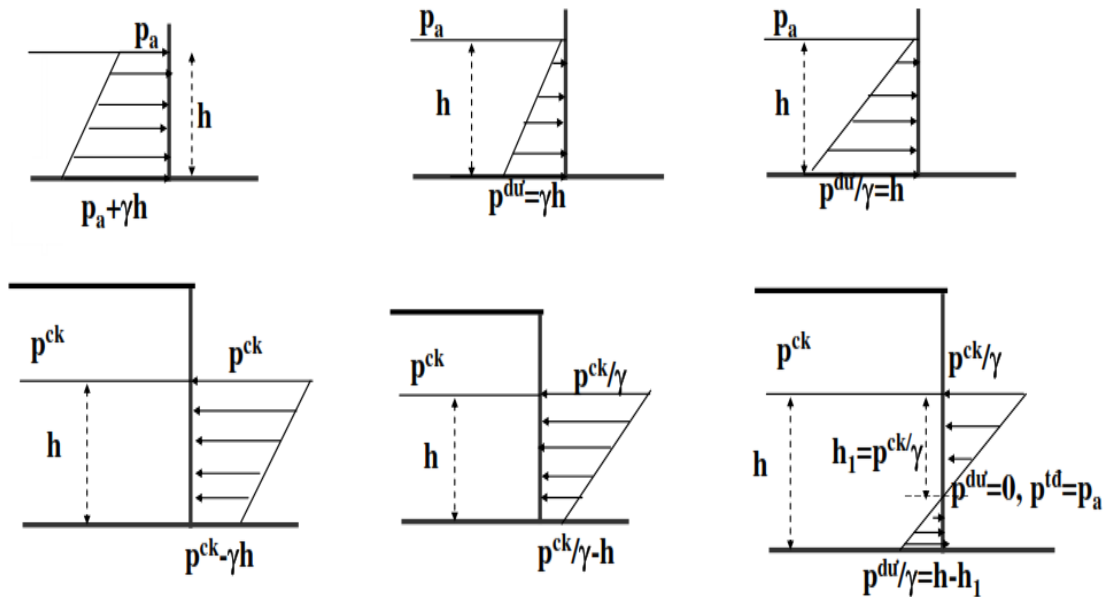
$p_d \rightarrow$ độ cao áp suất dư: $h_d = \frac{p_d}{\gamma}$

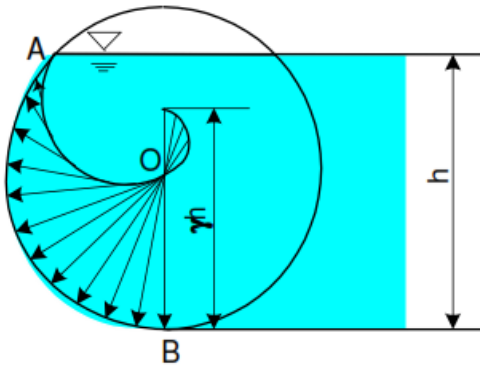
$p_{ck} \rightarrow$ độ cao áp suất chân không: $h_{ck} = \frac{p_{ck}}{\gamma}$

3.2.4. Biểu đồ phân bố áp suất thủy tĩnh:

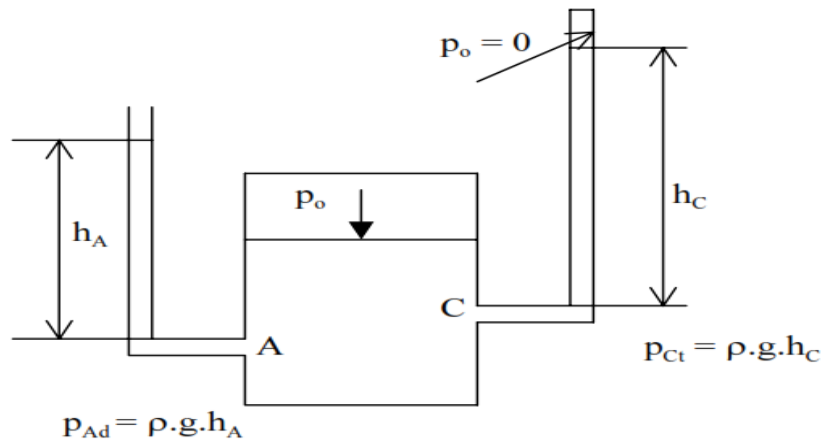
Sự phân bố áp suất lên thành chắn có thể biểu diễn bằng biểu đồ. Biểu đồ được xây dựng dựa vào phương trình cơ bản thủy tĩnh: $p = p_0 + \gamma h$ và hai tính chất cơ bản của áp suất thủy tĩnh.

Biểu đồ phân bố áp suất tuyệt đối, áp suất dư.





3.3. Các dụng cụ đo áp:



3.3.1. Ống đo áp hở:

Là một ống thủy tinh trong suốt có đường kính từ 8 - 10mm, dạng hình chữ L, 2 đầu đều hở, một đầu thông thoáng bên ngoài môi trường, một đầu đưa đến điểm cần đo, chất lỏng dâng lên trong ống do áp một giá trị ta đọc giá trị đó và xác định. ống đo áp này còn gọi ống đo áp suất dư.

$$p_A = p_a + \gamma h$$

$$p_{dA} = p_A - p_a = \gamma h$$

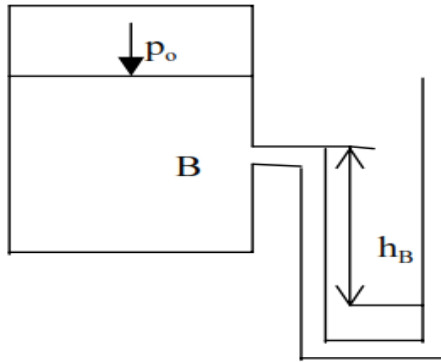
3.3.2. Ống đo áp kín:

Là một ống thủy tinh trong suốt có đường kính từ 8 - 10mm, dạng hình chữ L, 1 đầu đều hở và 1 đầu kín, một đầu kín đặt bên ngoài môi trường, một đầu hở đưa đến điểm cần đo, chất lỏng dâng lên trong ống do áp một giá trị ta đọc giá trị đó và xác định. ống đo áp này còn gọi ống đo áp suất tuyệt đối.

$$P_c = p_0 + \gamma h = \gamma h$$

$$P_c = \gamma h$$

3.3.3. Ống đo áp ngược: đo áp suất chân không.

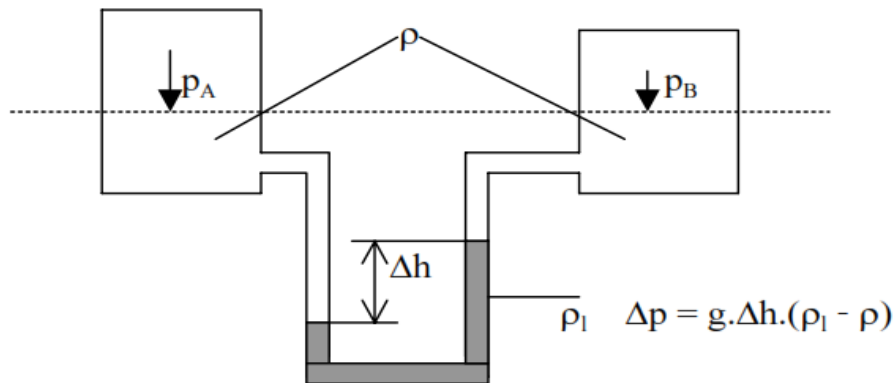


$$p_{Bck} = \rho \cdot g \cdot h_B$$

$$p_a = p_B + \gamma h$$

$$p_{ckA} = p_a - p_B = \gamma h$$

3.3.4. Áp kế chữ U: dùng để đo áp suất dư, chân không, độ chênh áp. Trường hợp đo áp suất dư:



Trong đoạn cong có chứa môi chất khác với chất lỏng cần đo thường dùng để đo độ chênh áp giữa 2 điểm. Ta dùng áp kế thủy ngân kiểu bình để đo áp suất dư, áp suất chân không. Môi chất có thể là thủy ngân, nước, rượu tùy theo độ lớn áp suất cần đo

Ta có:
$$\Delta p = g \cdot \Delta h (\rho_1 - \rho)$$

3.4.5. Bình thông nhau:

Trong bình thông nhau có 2 chất lỏng khác nhau ($\rho_1 > \rho_2$). Khi chất lỏng trong bình ở trạng thái cân bằng nghĩa là áp suất ở 2 nhánh của bình phải bằng nhau:

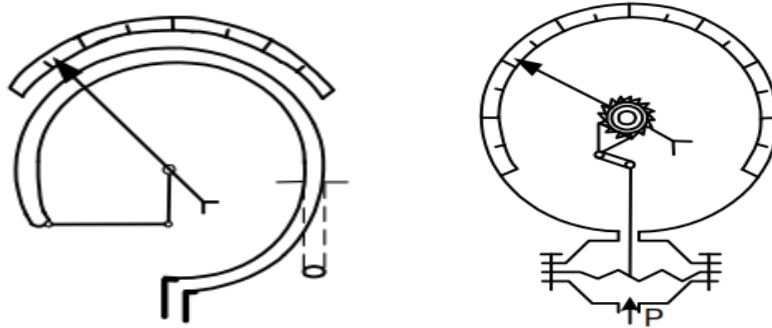
$$p_a + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = p_a + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

$$\text{suy ra } \frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Vậy chiều cao cột chất lỏng tỉ lệ nghịch với khối lượng riêng. Nếu $\rho_1 = \rho_2$ thì $h_1 = h_2$. Nghĩa là mặt thoáng chất lỏng đồng chất trong hai nhánh của bình thông nhau ở cùng một độ cao.

3.4.6. Đồng hồ đo áp:

- Đo áp suất dư : Manomet
- Đo áp suất chân không : Vacumet.
- Đo áp suất dư và chân không : Mano – Vacumet



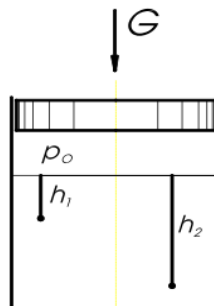
2.3. Định luật Pascal:

Mục tiêu: phát biểu định luật Pascal và ứng dụng định luật trong thực tế.



Pascal 1623-1662 , Pháp

Xét bình nước và khí được đẩy kín bởi quả pittong. Áp suất phần khí trên bề mặt nước là p_0 . Áp suất tại điểm 1 và 2 bất kỳ trong lòng nước có độ sâu là h_1 và h_2 . Trong hai trường hợp tải trọng trên pittong khác nhau:



Trường hợp 1: $G = 0$.

$$p_{10} = p_0 + \gamma \cdot h_1$$

$$p_{20} = p_0 + \gamma \cdot h_2$$

trường hợp 2: $G \neq 0$.

Trên mặt thoáng nước có $p_0 + \Delta p$ nên

$$p_1 = p_0 + \gamma \cdot h_1 + \Delta p = p_{10} + \Delta p$$

$$p_2 = p_0 + \gamma \cdot h_2 + \Delta p = p_{20} + \Delta p$$

Với $\Delta p = P/S$

Vậy áp suất tĩnh do ngoại lực tác động lên bề mặt chất lỏng được truyền nguyên vẹn đến mọi điểm trong lòng chất lỏng (với tốc độ âm thanh)

Theo định luật Pascal ta chế tạo máy ép thủy lực, máy kích, máy tính năng, các bộ phận truyền lực.

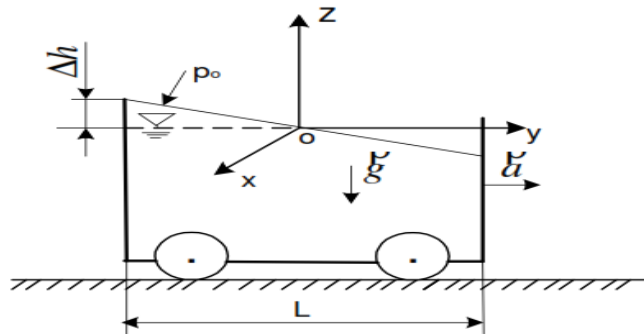
2.5. Chuyển động của bình chứa chất lỏng phẳng với gia tốc không đổi:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về cách hình thành hàm phân bố áp suất, phương trình mặt đẳng áp và nhận xét về chuyển động của bình chứa chất lỏng phẳng với gia tốc không đổi.

2.5.1. Hàm phân bố áp suất:

Hiện tượng này có trong xe chở dầu, nước, bộ chế hòa khí, động cơ phản lực....).



Xuất phát từ phương trình cơ bản xét trong trường hợp tĩnh tương đối. lực khối gồm có trọng lực và lực quán tính.

Lực khối:

Trọng lực $\vec{G} = m\vec{g}$

Lực quán tính $\vec{P}_{qt} = m \cdot \vec{a}_{qt}$

$$\Rightarrow \vec{F} = \vec{g} + \vec{a}_{qt}$$

Chiếu gia tốc lực khối lên các trục ox , oy , oz

$$F_x = -a_{qt}, F_z = -g, F_y = 0$$

Phương trình Ôle thủy tĩnh:

$$d_p = \rho(F_x dx + F_y dy + F_z dz)$$

Thay các giá trị vào ta được:

$$\begin{aligned} dp &= \rho(-g.d_z - a_{qt}.d_x) \\ \Rightarrow d_p &= -\rho g.d_z - \rho a_{qt}.d_x \\ \Rightarrow p &= \rho a_{qt}.x - \rho g z + C \end{aligned}$$

Xét điều kiện biên: tại điểm $O(0,0,0)$ và tại mặt thoáng $p = p_0$

$$\text{Ta suy ra } C = p_0 \quad \Rightarrow p = -\rho a_{qt}.x - \rho g z + p_0$$

Vậy công thức áp suất: $p = p_0 - \rho a_{qt}.x - \rho g z$ (hàm phân bố áp suất)

2.5.2. Phương trình mặt đẳng áp:

Phương trình mặt đẳng áp $F_x dx + F_y dy + F_z dz = 0$

Lực khối:

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

$$\text{Lực quán tính: } \vec{P}_{qt} = m.\vec{a}_{qt}$$

$$\text{Suy ra } \vec{F} = \vec{g} + \vec{a}_{qt}$$

Chiếu gia tốc lực khối lên các trục ox, oy, oz

$$F_x = -a_{qt}, F_z = -g, F_y = 0$$

Thay giá trị vào và tích phân 2 vế ta được $z = -\frac{a}{g}x + C$

Xét điều kiện biên: tại điểm $O(0,0,0)$ và tại mặt thoáng $p = p_0$ suy ra $C = 0$

Ta có được phương trình: $\rho a_{qt}.x + \rho g z = 0 \Rightarrow z = -\frac{a_{qt}}{g}x$

2.5.3. Nhận xét:

Vậy mặt đẳng áp là các mặt nằm nghiêng tạo với ox một góc α sao cho:
 $\tan \alpha = -a/g$

Nếu $a > 0$: chuyển động nhanh dần đều thì $\tan \alpha < 0$ chất lỏng bị dồn về phía sau.

Nếu $a < 0$: chuyển động chậm dần đều thì $\tan \alpha > 0$ chất lỏng bị dồn về phía trước.

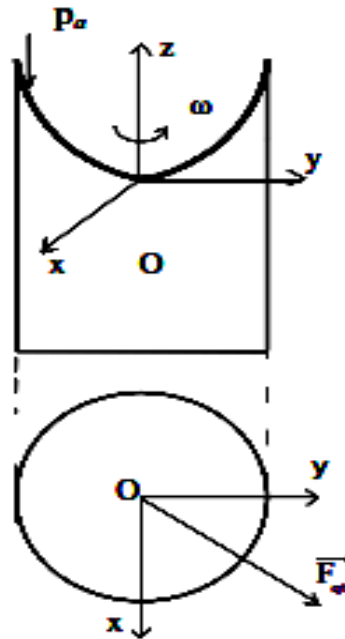
2.6. Chất lỏng trong bình trục chuyển động quay với vận tốc góc $\omega = \text{const}$:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về cách hình thành hàm phân bố áp suất, phương trình mặt đẳng áp và nhận xét về chất lỏng trong bình trục chuyển động quay với vận tốc góc $\omega = \text{const}$

2.6.1. Hàm phân bố áp suất:

Được sử dụng trong công nghệ lọc li tâm, đúc ly tâm khi đúc bánh răng mặt bích. Khi quay với $\omega = \text{const}$ mặt thoáng lõm xuống ở tâm bình.



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

$\vec{P}_{lt} = m \cdot \vec{r} \omega^2$: lực quán tính ly tâm.

Gia tốc lực khối: $\vec{F} = \vec{g} + \vec{r} \cdot \omega^2$

Hình chiếu của gia tốc lực khối lên các phương ox, oy, oz là:

$$F_x = \omega^2 \cdot x; F_y = \omega^2 \cdot y; F_z = -g$$

Thay các giá trị vào phương trình ole thủy tĩnh:

$$d_p = \rho(\omega^2 \cdot x \cdot d_x + \omega^2 \cdot y \cdot d_y - g \cdot d_z)$$

$$\begin{aligned} \text{tích phân 2 vế ta được } p &= \rho\omega^2 \frac{x^2}{2} + \rho\omega^2 \frac{y^2}{2} - \rho g z + C \\ &= \frac{\rho\omega^2}{2} (x^2 + y^2) - \rho g z + C \end{aligned}$$

Xét điều kiện biên tại mặt thoáng $p = p_0$ và tại $O(0,0,0)$

Ta có $x = y = z = 0; p = p_0$

$$\Rightarrow C = p_0$$

Công thức áp suất: $p = p_0 + \frac{\rho\omega^2}{2} r^2 - \rho g z$ (hàm phân bố áp suất)

2.6.2. Phương trình mặt đẳng áp:

Thay vào phương trình mặt đẳng áp:

$$\text{Phương trình mặt đẳng áp } F_x dx + F_y dy + F_z dz = 0$$

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

$\vec{P}_{lt} = m \cdot \vec{r} \omega^2$: lực quán tính ly tâm.

Gia tốc lực khối: $\vec{F} = \vec{g} + \vec{r} \cdot \omega^2$

Hình chiếu của gia tốc lực khối lên các phương ox, oy, oz là:

$$F_x = \omega^2 \cdot x; F_y = \omega^2 \cdot y; F_z = -g$$

Thế vào trên ta tích phân 2 vế : $z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + C$

2.6.3. Nhận xét:

Mặt đẳng áp là các mặt paraboloid trục dọc theo trục z

Phương trình mặt thoáng: $z = \frac{\omega^2 r^2}{2g}$ nên mặt thoáng cũng là mặt paraboloid

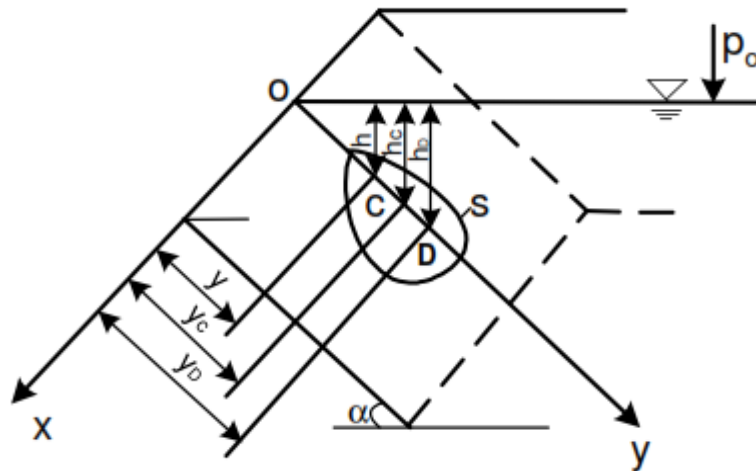
Độ dâng chất lỏng: $\Delta H = \frac{\omega^2 R^2}{2g}$

2.7. Lực tác dụng của chất lỏng lên vật đặt trong chất lỏng:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về Lực tác dụng của chất lỏng lên vật đặt trong chất lỏng tại mặt phẳng và mặt cong.

2.7.1. Mặt phẳng.



Tính áp lực P tác dụng lên diện tích S. ta phải xác định 3 yếu tố: phương chiều, trị số và điểm đặt của P.

Cách tính: tính dp tác dụng lên dS, sau tính phân toàn phần trên S ta sẽ được P.

Phương chiều: $P \perp S$ và hướng vào.

Trị số: $P = \gamma \cdot h_c \cdot S$

Điểm đặt của áp lực: giả sử hình phẳng S có 1 trục đối xứng và song song với oy. Gọi D là điểm đặt của P có tọa độ là y_D . lấy momen của lực P và các dP với trục ox, theo định lý momen của hợp lực P đối với một trục bằng tổng các momen của các lực thành phần dP đối với trục đó.

$$P \cdot y_D = \gamma \cdot h_c \cdot S \cdot y_D = \gamma \cdot y_c \sin \alpha \cdot S \cdot y_D = \gamma \sin \alpha \cdot J_{ox}$$

Với $J_{ox} = J_{xc} + y_c^2 S$: là momen quán tính của S đối với trục ox.

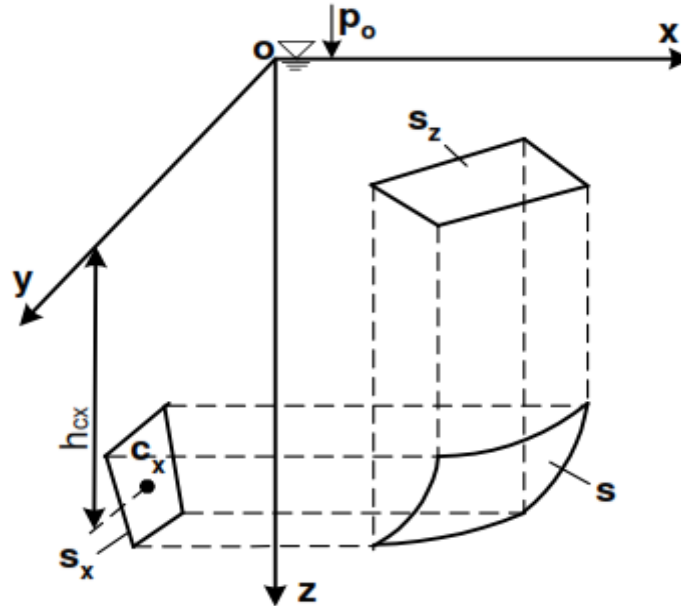
Thay các giá trị vào biểu thức trên ta rút ra:

$$y_D = y_C + J_{xc}/y_C.S$$

Trong đó J_{xc} : momen quá tính của S đối với trục song song với ox đi qua trọng tâm C.

Trường hợp hình phẳng không có trục đối xứng ta phải tính thêm x_D .

2.7.2. Mặt cong:



Nếu mặt cong có hình dạng không gian bất kỳ thì tổng hợp các lực phân tử là tổng hợp hệ lực không gian sẽ cho ta một lực và một ngẫu lực. Tuy nhiên trong kỹ thuật mặt cong thường là những mặt cong đơn: như mặt trụ, mặt cầu.... chính vì vậy tổng hợp các lực phân tử sẽ cho chung ta một lực. Lực này được phân tích thành 3 thành phần theo các trục tọa độ đó là F_x, F_y, F_z :

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$$

Các góc hướng: $\cos\alpha = \frac{F_x}{F}$; $\cos\beta = \frac{F_y}{F}$; $\cos\gamma = \frac{F_z}{F}$

Muốn xác định được các lực F ta phải xác định các thành phần lực. Ta tính lực chất lỏng tác dụng lên mặt cong mà phía kia của mặt cong là không khí. Để thuận tiện cho việc tính chúng ta chọn hệ tọa độ như hình vẽ: trục z theo phương thẳng đứng và mặt oxy trùng với mặt thoáng. Xét lực chất lỏng tác dụng lên diện tích dS ở độ sâu h trong chất lỏng. vì diện tích dS nhỏ nên áp suất trên đó được coi là giống nhau và được tính theo công thức: $p = \rho.g.h$

Áp lực tác dụng lên phân tử lỏng: $dF = p.dS$

$$dF_x = dF.\cos\alpha = \rho.g.h.dS.\cos\alpha = \rho.g.h.dS_x.$$

$$dF_y = dF \cdot \cos\beta = \rho \cdot g \cdot h \cdot dS \cdot \cos\beta = \rho \cdot g \cdot h \cdot dS_y.$$

$$dF_z = dF \cdot \cos\gamma = \rho \cdot g \cdot h \cdot dS \cdot \cos\gamma = \rho \cdot g \cdot h \cdot dS_z.$$

Trong đó dS_x, dS_y, dS_z : là hình chiếu của dS lên các hệ tọa độ.

Mặt khác ta lại có:

$$F_x = \int dF_x = p_{Tx} \cdot S_x; \quad F_y = \int dF_y = p_{Ty} \cdot S_y; \quad F_z = \int dF_z = g \cdot \rho \int h \cdot dS_z = G$$

Nghĩa là lực F_z chính bằng trọng lực của khối lỏng thẳng đứng có một đáy là mặt cong và một đáy là hình chiếu mặt cong lên mặt thoáng. Hướng của lực F_z đi lên nếu mặt cong bị chất lỏng đẩy lên, ngược lại thì lực F_z hướng xuống. Điểm đặt lực được xác định theo các cosin định hướng. nếu mặt cong là mặt trụ hay mặt cầu thì lực F đi qua trục tâm mặt trụ hay tâm mặt cầu. cần lưu ý chọn hệ tọa độ cho hợp lý để tiện lợi trong việc tính toán.

2.8. Vật đặt trong chất lỏng ổn định – vật nổi:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về lực đẩy Acsimet, vật đặt trong chất lỏng và vật nổi.

2.8.1. Định luật Acsimet:

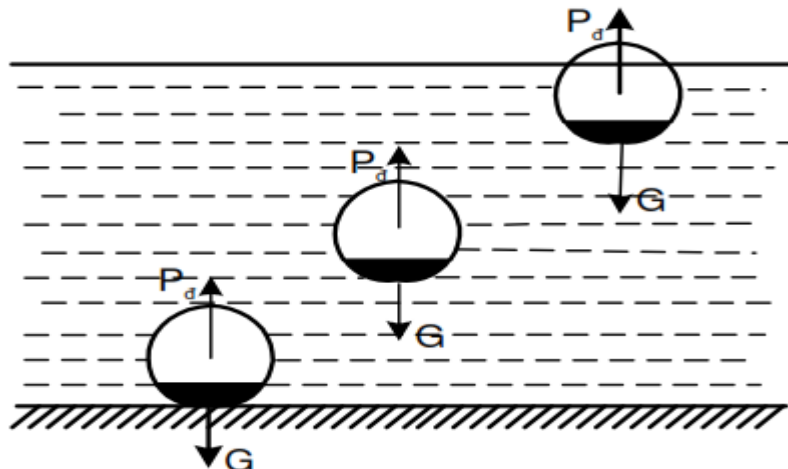
Một vật ngập trong lòng chất lỏng chịu một lực thẳng đứng từ dưới lên; giá trị của nó bằng trọng lực khối chất lỏng mà vật đó chiếm chỗ, điểm đặt là trọng tâm hình học khối chất lỏng bị chiếm chỗ đó.

Trị số: $P_z = \gamma \cdot V_c$

V_c : Thể tích khối chất lỏng bị vật chiếm chỗ.

γ : Trọng lượng riêng của chất lỏng.

2.7.3. Vật đặt trong chất lỏng:



Điểm đặt: $D \equiv$ Trọng tâm thể tích chất lỏng bị chiếm chỗ.

Điểm đặt của G : tại tâm khối C

Điểm đặt của P_A : tại tâm đáy D

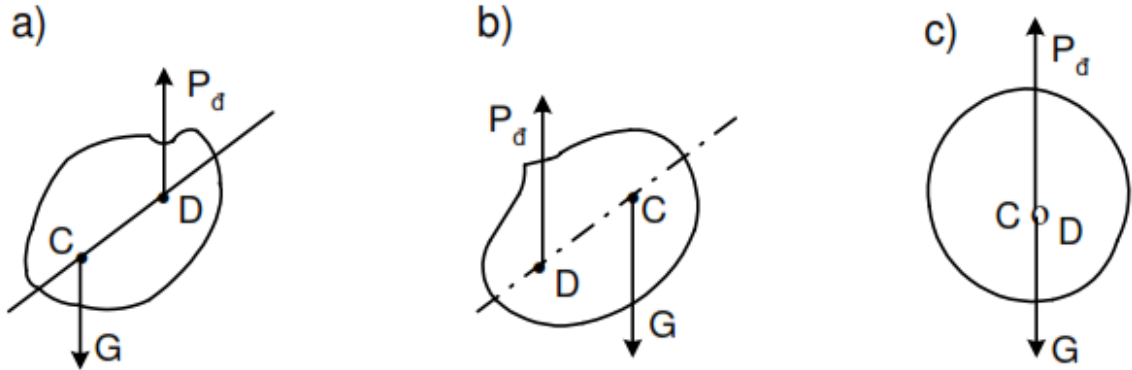
Có 3 trường hợp xảy ra:

Khi $P_A < G$: Vật chìm xuống đáy (trường hợp hình số 2)

Khi $P_A > G$: Vật nổi $G = P_2' = \gamma \cdot V_2'$

Với V_2' : phần thể tích của vật ngập trong chất lỏng (trường hợp hình số 1)

Khi $P_A = G$: Vật lơ lửng tại vị trí đặt (trường hợp hình số 3)



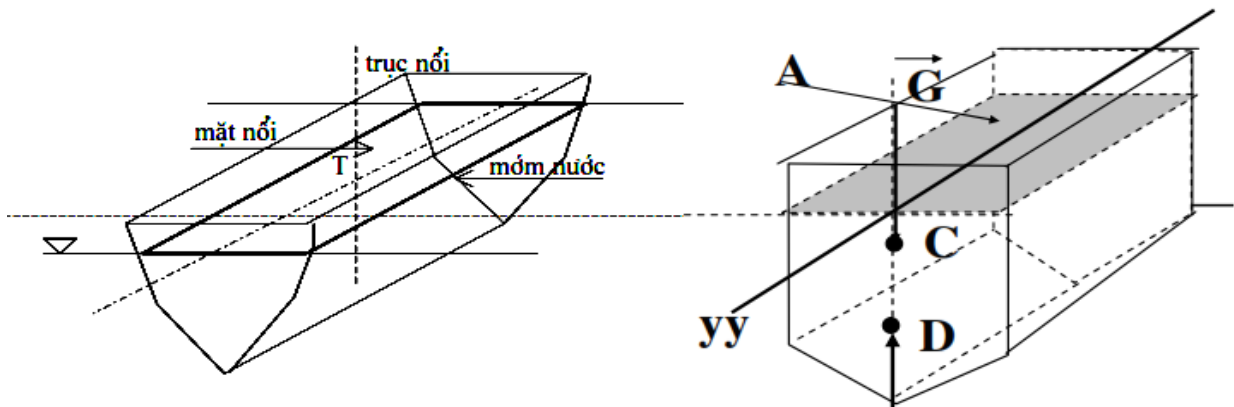
Vì vậy tính ổn định này phụ thuộc vào vị trí tương đối giữa điểm đặt C và D

Nếu C nằm dưới D : Vật chuyển động ổn định.

Nếu C nằm cao hơn D : Vật chuyển động không ổn định

Nếu C trùng với D : Vật cân bằng phiếm định.

2.7.4. Vật nổi:

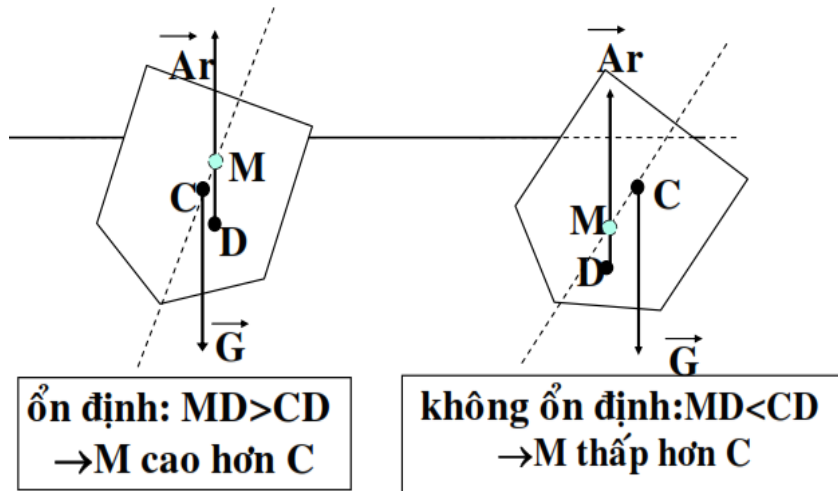


Hình trên có các định nghĩa sau:

- Mặt nổi: là mặt phẳng mà chu vi của nó là đường mớm nước
- Trục nổi: là đường thẳng góc với mặt nổi và đi qua trọng tâm của vật.
- Trục nghiêng: là trục đối xứng của mặt nổi (vật nổi lác nghiêng quanh trục)
- Đường mớm nước: là đường giao tuyến giữa vật nổi và mặt nước.

Các định nghĩa trên ứng với vật ở trạng thái cân bằng. Khi vật bị nghiêng đi thì tâm đẩy D cũng thay đổi đến vị trí D' . Giao điểm trục nổi với phương của lực đẩy mới gọi là tâm định khuyh M .

Khi góc nghiêng của trục nối và đường thẳng đứng nhỏ hơn 15° thì có thể xem như tâm dây di chuyển trên cung tròn tâm là M và bán kính là MD (gọi là bán kính định khuynh) khi vật bị nghiêng có thể xảy ra các trường hợp sau:



- Nếu M cao hơn C(T) thì ngẫu lực G và P_z sẽ có xu hướng làm cho vật trở về trạng thái cân bằng.

- Nếu M thấp hơn C(T) thì ngẫu lực có xu hướng làm cho vật nghiêng thêm.

- Nếu M trùng với C(T) thì không còn ngẫu lực nữa vật sẽ không quay về vị trí ban đầu trường hợp này gọi là cân bằng phiếm định.

Bài tập chương 2:

1. Xác định độ cao của cột nước dâng lên trong ống đo áp (h). Nước trong bình kín chịu áp suất tại mặt tự do là $p_{0t} = 1.06at$. Xác định áp suất p_{0t} nếu $h = 0.8m$.

Giải:

Chọn mặt đẳng áp tại mặt thoáng của chất lỏng.

Ta có: $p_A = p_B$

$$\text{Mà } \left. \begin{array}{l} p_A = p_0 \\ p_B = p_0 + \gamma \cdot h \end{array} \right\} \Rightarrow p_0 = p_a + \gamma \cdot h$$

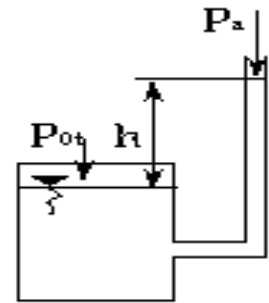
$$\Rightarrow h = \frac{p_0 - p_a}{\gamma} = \frac{(1.06 - 1) \cdot 9.81 \cdot 10^4}{9810} = 0.6 (m)$$

Nếu $h = 0.8m$ thì

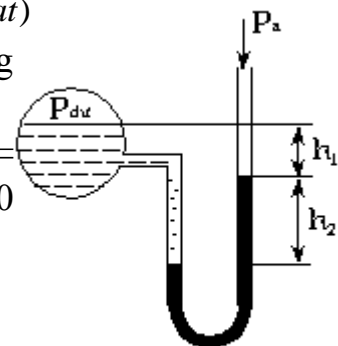
$$\Rightarrow p_0 = \gamma \cdot h + p_a = 9810 \cdot 0.8 + 98100 = 105948 \text{ N/m}^2 = 1.08 (at)$$

2. Một áp kế đo chênh thủy ngân, nối với một bình đựng nước.

a) Xác định độ chênh mực nước thủy ngân, nếu $h_1 = 130mm$ và áp suất dư trên mặt nước trong bình 40000 N/m^2 .



Hình 1



Hình 2

b) Áp suất trong bình sẽ thay đổi như thế nào nếu mực thủy ngân trong hai nhánh bằng nhau.

Giải:

a) Xác định độ chênh mực thủy ngân (tìm h_2):

Chọn mặt đẳng áp như hình vẽ :

Ta có : $p_A = p_B$

$$p_A = p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot (h_1 + h_2)$$

$$p_B = p_a + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$\Rightarrow p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot (h_1 + h_2) = p_a + \gamma_{Hg} \cdot h_2$$

$$\Leftrightarrow h_2 (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O}) = (p_0 - p_a) + \gamma_{H_2O} \cdot h_1$$

Mà $p_0 - p_a = p_d$

$$\text{Vậy: } h_2 = \frac{p_d + \gamma_{H_2O} \cdot h_1}{(\gamma_{H_2O} - \gamma_{Hg})} = \frac{40000 + 9810 \cdot 0,013}{132890 - 98100} = 0,334 \text{ (m)}$$

b) Áp suất trong bình khi mực thủy ngân trong hai nhánh bằng nhau:

Ta có: $p_C = p_D$ $p_C = p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot h$ $p_D = p_a$

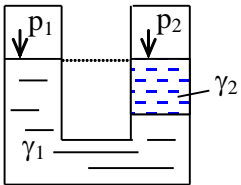
$$\Rightarrow p_0 + \gamma_{H_2O} \cdot h = p_a \quad \Leftrightarrow \gamma_{H_2O} \cdot h = p_a - p_0 = p_{ck}$$

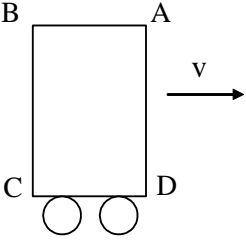
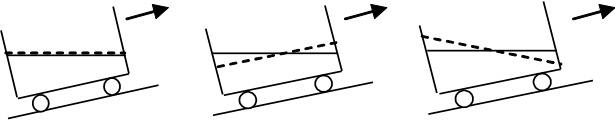
$$\Leftrightarrow p_{ck} = \gamma_{H_2O} \cdot h = \gamma_{H_2O} \cdot (h_1 + \frac{1}{2} h_2)$$

$$= 9810 \cdot (0,13 + \frac{1}{2} \cdot 0,334) = 2913,57 \approx 0,0297 \text{ (at)}$$

*** Ngân hàng câu hỏi trắc nghiệm chương 2:**

TT	CÂU HỎI	ĐÁP ÁN
1	Các lực sau thuộc loại lực khối : a) Trọng lực, lực ma sát b) Lực ly tâm, áp lực c) Áp lực d) Trọng lực, lực quán tính	D
2	Để thiết lập phương trình vi phân cân bằng của chất lỏng tĩnh người ta xét: a) Tác động của lực bề mặt lên một vi phân thể tích chất lỏng. b) Tác động của lực khối lên một vi phân thể tích chất lỏng. c) Sự cân bằng của lực bề mặt và lực khối tác động lên một vi phân thể tích chất lỏng. d) Sự cân bằng của lực bề mặt và lực khối tác động lên một thể tích chất lỏng lớn hữu hạn.	C
3	Phương trình vi phân cân bằng của chất lỏng tĩnh tuyệt đối có	B

	<p>thể viết dưới dạng sau:</p> <p>a) $dz = -\gamma dp$ b) Cả 3 câu kia đều sai c) $dz = dp/\gamma$ d) $dp = -\rho dz$</p>	
4	<p>Hai dạng của phương trình cơ bản thủy tĩnh là:</p> <p>a) Dạng 1: $p = p_o + \gamma h$</p> <p>Dạng 2: $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{const}$</p> <p>b) Dạng 1: $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = \text{const}$</p> <p>Dạng 2: $p = p_o - \rho ax - \rho gz$</p> <p>c) Dạng 1: $p = p_o + \gamma h$ Dạng 2: $z + \frac{p}{\gamma} = \text{const}$</p> <p>d) Dạng 1: $p = \gamma h$ Dạng 2: $z + \frac{p}{\gamma} = \text{const}$</p>	C
5	<p>Chọn câu đúng:</p> <p>a) Áp suất thủy tĩnh tại một điểm theo các phương khác nhau thì khác nhau. b) Áp suất thủy tĩnh là đại lượng vô hướng. c) Áp suất thủy tĩnh là véc tơ nhưng có tính chất như đại lượng vô hướng. d) Áp suất thủy tĩnh luôn có giá trị khác không.</p>	C
6	<p>Hai bình thông nhau chứa hai loại chất lỏng. Mặt thoáng của hai bình có thể ngang nhau khi:</p>  <p>a) $p_2 < p_1, \gamma_1 > \gamma_2$. b) $p_2 > p_1, \gamma_1 > \gamma_2$. c) $p_1 = p_2, \gamma_1 < \gamma_2$. d) $p_1 = p_2, \gamma_1 > \gamma_2$.</p>	B
7	<p>Độ cao đo áp suất dư tại một điểm trong chất lỏng là $h_d = 15m$ cột nước. Áp suất dư tại điểm đó bằng:</p> <p>a) 1,5 at b) 14 at c) 1,3 at d) 2,5 at</p>	A
8	<p>Một xe hình hộp chữ nhật kín như hình vẽ chứa đầy chất lỏng</p>	B

	<p>chuyển động với gia tốc chậm dần $a = 9,81 \text{ m/s}^2$. Mối quan hệ về áp suất tại các điểm góc xe là:</p>  <p>a) $p_A < p_B < p_C < p_D$. b) $p_B < p_A < p_C < p_D$. c) $p_A > p_B > p_C > p_D$. d) $p_B > p_C > p_A > p_D$.</p>	
9	<p>Xe chứa chất lỏng lên dốc chậm dần đều với gia tốc chậm dần đều, so với mặt phẳng ngang (đường nét liền) thì mặt thoáng chất lỏng (đường nét đứt) sẽ như hình vẽ:</p>  <p>Hình 1 Hình 2 Hình 3</p> <p>a) Hình 1 b) Hình 3 c) Hình 2 d) Chưa xác định được</p>	C
10	<p>Máy ép thủy lực làm việc trên nguyên lý:</p> <p>a) Định luật Archimede b) Lực tác dụng của chất lỏng lên thành phẳng c) Sự truyền nguyên vẹn áp suất tại mọi điểm trong lòng chất lỏng tĩnh d) Lực nhớt của Newton</p>	C

CHƯƠNG 3: THỦY ĐỘNG LỰC HỌC.

Mã chương: MH22 – 03

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức về động học của chất lỏng, các sự chuyển động, phương trình Öle, phương trình Becnulli cơ bản của chất lỏng.

Mục tiêu:

- Trình bày các khái niệm về động học chất lỏng: chuyển động ổn định, chuyển động không ổn định, chuyển động đều, chuyển động không đều, đường dòng.
- Thiết lập phương trình liên tục của một chất lỏng.
- Trình bày được gia tốc chuyển động của chất lỏng.
- Thiết lập phương trình Öle.
- Thiết lập tích phân phương trình Öle, phương trình Becnulli.
- Trình bày được phương pháp thể hiện phương trình Becnui trên đồ thị.
- Phân tích được những thông số trong phương trình Becnuli.
- Thiết lập phương trình becnuui cho toàn dòng chảy từ phương trình Becnulli cơ bản.

Nội dung chính:

1. KHÁI NIỆM CHUNG:

Mục tiêu:

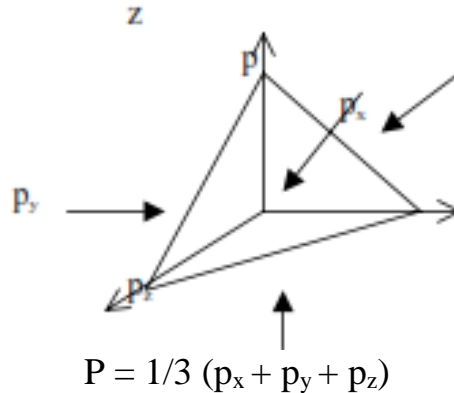
Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về thủy động, các thông số cơ bản như áp suất vận tốc..., các định nghĩa về đặc tính của chất lỏng động lực và phân loại sự chuyển động đó.

Trong chương này sẽ nghiên cứu qui luật chuyển động của lưu chất và tác dụng giữa chất lỏng và vật tiếp xúc với nó.

Việc nghiên cứu cũng bắt đầu từ chất lỏng lý tưởng. Có thể theo đường dòng nguyên tố hay theo phân tố lỏng, Sau đó mở rộng ra chất lỏng thực. Chất lỏng vẫn được coi là môi trường liên tục, các đại lượng đặt trưng cho chuyển động được biểu diễn bằng những hàm số liên tục trong không gian và thời gian.

1.1. Các thông số cơ bản:

1.1.1. Áp suất thủy động:



Trong chất lỏng lý tưởng nó tác dụng theo phương thẳng đứng và hướng vào mặt tác dụng. trong chất lỏng thực thì nó chỉ hướng vào mặt tác dụng và là tổng hợp của hai thành phần ứng suất trong chất lỏng theo phương pháp tuyến và tiếp tuyến.

1.1.2. Vận tốc:

Vận tốc chất lỏng tại một điểm nhất định trong dòng chảy gọi là vận tốc điểm tức thời (ký hiệu u).

Đại lượng này thường thay đổi cả hướng lẫn cường độ theo thời gian nên việc xác định rất phức tạp.

Trong thủy khí kỹ thuật ta thường dùng vận tốc trung bình theo thời gian ký hiệu \bar{u}

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_{(T)} u \cdot dt$$

Đối với chuyển động dừng chất lỏng thực và dòng có kích thước hữu hạn chúng ta thường dùng vận tốc trung bình trên thiết diện ướt ký hiệu là v_{tb}

$$v_{tb} = \frac{1}{S} \int_{(S)} u \cdot dS$$

Đối với các dòng khí ngoài vận tốc, áp suất ta phải xét đến các thông số trạng thái của nó. Sự thay đổi của các thông số này ở mỗi vị trí trong dòng chảy phụ thuộc vào các quá trình.

1.2. Đặc tính động học của chất lỏng:

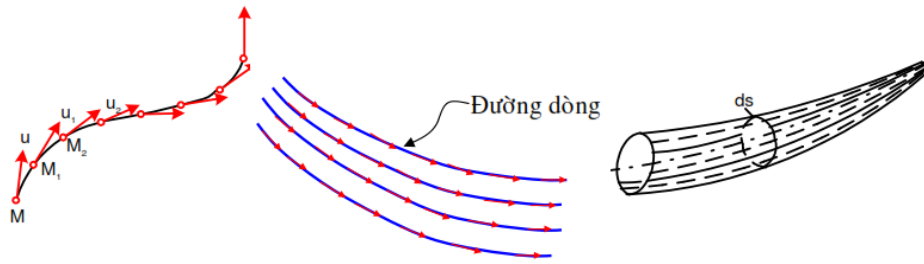
Có 2 phương pháp nghiên cứu chuyển động chất lỏng:

+ Phương pháp Lagrang nghiên cứu chuyển động chất lỏng thông qua việc nghiên cứu quỹ đạo của các phần tử chất lỏng. từ hình dáng của quỹ đạo các phần tử chất lỏng chúng ta có thể xác định được các thông số khác. Chuyển động được mô tả bằng phương trình $r = r(x, y, z, t)$

+ Phương pháp Ôle nghiên cứu chuyển động của chất lỏng tại các vị trí xác định trong không gian. Trong phương pháp này nó ảnh hưởng các đại lượng đặc

trung (vận tốc....) Từ đó chúng ta xác định được các thông số khác. Chuyển động được mô tả bằng phương trình: $v = v(x, y, z, t)$

* Đường dòng:

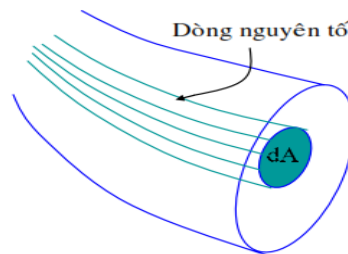


Là đường cong trên đó vectơ vận tốc của mỗi điểm trùng với tiếp tuyến với đường cong tại điểm đó. Từ đó ta suy ra cách vẽ đường dòng là vẽ đường cong tiếp tuyến với vectơ vận tốc tại một điểm trong không gian.

Cần phân biệt quỹ đạo với đường dòng:

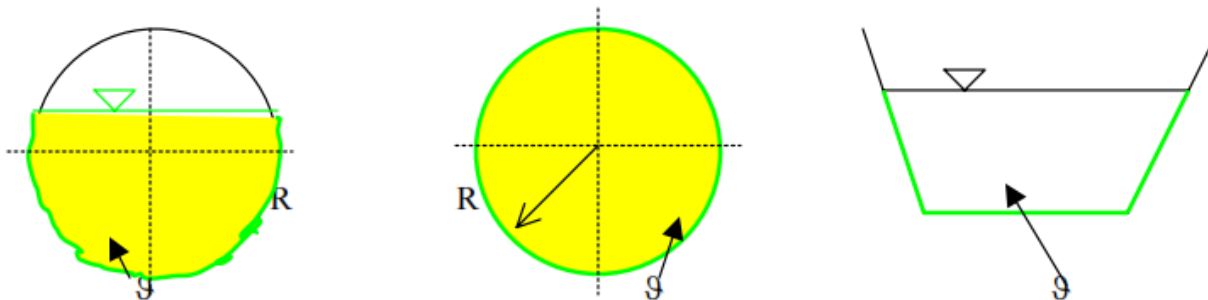
Quỹ đạo đặc trưng cho sự biến thiên vị trí của phân tử chất lỏng theo thời gian, còn đường dòng biểu diễn phương vận tốc của các phân tử chất lỏng tại một thời điểm. Trong chuyển động dừng thì chúng trùng nhau.

- Các đường dòng tựa lên một vòng kín vô cùng nhỏ ta được một ống dòng, chất chảy đầy trong ống gọi là dòng nguyên tố, chất lỏng không thể xuyên qua ống dòng.



- Mặt cắt ướ́t và mặt cắt ướ́t nguyên tố: (dw, W) là mặt cắt thẳng góc với tất cả các đường dòng (dòng nguyên tố).

- Chu vi ướ́t: (χ) là đường tiếp xúc giữa mặt cắt ướ́t và thành rắn giới hạn dòng chảy.



- Bán kính thủy lực: (R_h) là tỉ số giữa mặt cắt ướt và chu vi ướt: $R_h = W/\chi$

Trường hợp dòng chảy có áp trong ống trên ta có:

$$R_h = W/\chi = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4}$$

- Lưu lượng: là lượng lưu chất chảy qua mặt cắt ướt trong đơn vị thời gian:

Lưu lượng thể tích (m^3/s) : dQ, Q

Lưu lượng trọng lượng (N/s) : $dG, G, (G = \gamma.Q)$

Lưu lượng khối lượng (kg/s) : $dM, M, (M = \rho.Q)$

Lưu lượng của dòng nguyên tố: dQ là lượng chất lỏng chuyển động qua mặt cắt ướt nguyên tố trong một đơn vị thời gian.

Được tính theo công thức: $dQ = u.dW$

Trong đó u : Vận tốc thực của dòng nguyên tố (m/s)

dW : Diện tích mặt cắt ướt (m^2)

Tích phân 2 vế theo quy luật phân bố vận tốc trên tiết diện ướt. Nên ta dùng vận tốc trung bình trên một mặt cắt ướt: v (m/s)

$$Q = v.w \text{ suy ra } v = Q/w = \text{const.}$$

Lưu lượng toàn dòng là lưu lượng khảo sát trên vận tốc trung bình chuyển động trong toàn dòng chảy với diện tích mặt cắt ướt đó.

1.3. Phân loại chuyển động:

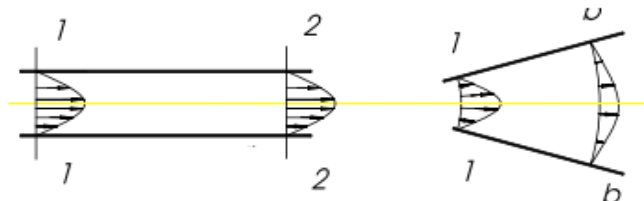
* Theo thời gian: chuyển động được chia ra làm hai loại:

Chuyển động dừng (chuyển động ổn định): các yếu tố chuyển động biến đổi theo không gian và không biến đổi thời gian: $u = u(x, y, z)$ hay $\partial/\partial t = 0$.

Chuyển động không dừng (chuyển động không ổn định): các yếu tố chuyển động biến đổi theo không gian và thời gian: $u = u(x, y, z, t)$ hay $\partial/\partial t \neq 0$.

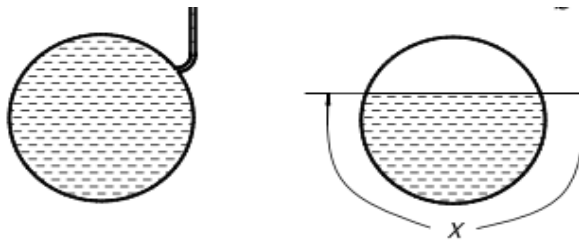
* Theo sự phân bố vận tốc (trong chuyển động dừng):

Dòng chảy đều khi sự phân bố vận tốc trên mọi mặt cắt dọc theo dòng chảy giống nhau (không đổi). Ngược lại là dòng chảy không đều.



* Theo giá trị áp suất:

Dòng chảy có áp là dòng chảy không có mặt thoáng, còn dòng chảy không áp là dòng chảy có mặt thoáng.



Chuyển động đổi dần: là chuyển động mà các đường dòng gần như song song xem như chuyển động đều.

Chuyển động đổi gấp: là chuyển động trong đó các yếu tố chuyển động thay đổi đột ngột dọc theo chiều dòng chảy.

Chuyển động một chiều hay còn gọi là chuyển động thẳng.

Chuyển động 2 chiều hay còn gọi là chuyển động mặt phẳng.

Chuyển động 3 chiều hay còn gọi là chuyển động trong không gian.

Chuyển động xoáy là chuyển động khi các phân tử chất lỏng chuyển động quay quanh 1 trục tức thời đi qua bản thân của chất lỏng. còn chuyển động không xoáy thì ngược lại.

2. PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về kiến thức cách thành lập phương trình liên tục của dòng nguyên tố và toàn dòng.

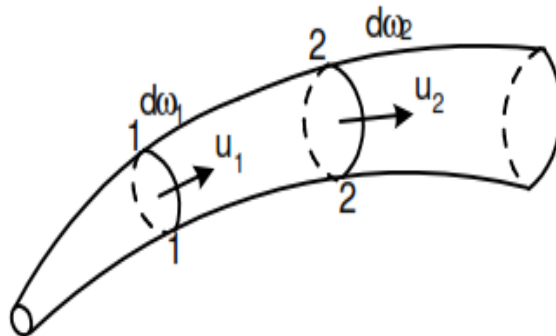
2.1. Phương trình liên tục của dòng nguyên tố:

Phương trình liên tục tổng quát: Viết dựa trên phương trình bảo toàn khối lượng

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \cdot \vec{u}) = 0$$

Đối với dòng chuyển động ổn định chất lỏng không nén được $\rho = \text{const}$:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \Rightarrow \text{phương trình } \text{div} \vec{u} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0$$



Xét một dòng nguyên tố chuyển động ổn định $\rho = \text{const}$. xét đoạn giới hạn giữa 2 mặt cắt 1 - 1 và 2 - 2:

Tại mặt cắt 1 - 1 có mặt cắt ước $d\omega_1$, vận tốc u_1

Tại mặt cắt 2 - 2 có mặt cắt ướt dw_2 , vận tốc u_2

Trong khoảng thời gian dt .

Thể tích chất lỏng chảy qua 1 - 1 là $u_1 dw_1 dt$

Thể tích chất lỏng chảy qua 2 - 2 là $u_2 dw_2 dt$

Vì vậy ta có: $u_1 dw_1 dt = u_2 dw_2 dt$

Hay: $u_1 dw_1 = u_2 dw_2$

Hay: $dQ_1 = dQ_2$

Đây là phương trình liên tục của dòng nguyên tố.

2.2. Phương trình liên tục toàn dòng:

Muốn lập phương trình liên tục của toàn dòng chảy trong khoảng thời gian xác định ứng với mặt cắt w ta mở rộng phương trình liên tục của dòng nguyên tố thành toàn dòng bằng cách tích phân hai vế :

$$\int_{w_1} u_1 dw_1 = \int_{w_2} u_2 dw_2$$

Suy ra $Q_1 = Q_2$

Hay $v_1 \cdot w_1 = v_2 \cdot w_2$

Trong dòng chảy lưu lượng qua mọi mặt cắt ướt đều bằng nhau và vận tốc trung bình luôn tỉ lệ nghịch với diện tích mặt cắt ướt.

3. PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về cách thành lập phương trình ole thủy động và phương trình Navier –Stoke.

3.1. Phương trình Ole thủy động.

Trong chương 2 ta nghiên cứu về trạng thái tĩnh ta có phương trình Ole thủy tĩnh

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

Khi lưu chất chuyển động ta có thêm lực quán tính ở trạng thái cân bằng:

Vì vậy theo nguyên lý cơ bản của động lực học (định luật 2 Newton)

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \overrightarrow{grad} p = \frac{d\vec{u}}{dt} \quad (1)$$

Phương trình vi phân chuyển động của chất lỏng lý tưởng chiều lên 3 trục tọa độ:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_x - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = \frac{du_x}{dt} \\ F_y - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dy} = \frac{du_y}{dt} \end{array} \right. \quad (2)$$

$$F_z - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{\partial z} = \frac{du_z}{dt}$$

(1) & (2): Được gọi là phương trình Ôle thủy động.

Chất lỏng chuyển động thẳng hay đều: $u = \text{const}$ nên $du/dt = 0$, thì phương trình Ôle thủy động sẽ trở thành phương trình Ôle thủy tĩnh.

Chất lỏng chuyển động trong ống có độ cong không đáng kể. Nếu chọn mặt phẳng oyz thẳng góc với trục ống dòng thì vectơ vận tốc u và gia tốc du/dt đều thẳng góc với mặt phẳng oyz . Từ đó ta có:

$$\frac{du_y}{dt} = \frac{du_z}{dt} = 0; \frac{du_x}{dt} \neq 0$$

Vậy trong mặt cắt ước của ống dòng có độ cong không đáng kể áp suất cũng phân bố theo quy luật thủy tĩnh.

3.2. Phương trình Navier – Stoke:

Hai ông Navier (người Pháp) và Stoke (người Anh) đã viết phương trình này dưới dạng khác phương trình trên, tiện sử dụng hơn. Dựa vào các giả thuyết về ứng suất với các giả thuyết như sau:

Áp suất thủy động p tại một điểm là trung bình cộng của các áp suất pháp tuyến lên ba mặt vuông góc với nhau qua điểm đó: $p = -1/3(p_{xx} + p_{yy} + p_{zz})$

Có dấu trừ vì chọn chiều dương là chiều kéo giãn phần tử chất lỏng.

Ứng suất pháp của chất lỏng nhớt đồng chất đã làm xuất hiện các ứng suất pháp bổ sung δ :

$$p_{xx} = -p + \delta_{xx} \text{ với } \delta_{xx} = 2\mu \partial u_x / \partial x - 2/3 \cdot \mu \cdot \text{div}u;$$

$$p_{yy} = -p + \delta_{yy} \text{ với } \delta_{yy} = 2\mu \partial u_y / \partial y - 2/3 \cdot \mu \cdot \text{div}u;$$

$$p_{zz} = -p + \delta_{zz} \text{ với } \delta_{zz} = 2\mu \partial u_z / \partial z - 2/3 \cdot \mu \cdot \text{div}u;$$

Ứng suất tiếp:

Theo newton: ứng suất tiếp gây ra bởi lực nhớt tỷ lệ với các vận tốc biến dạng tương ứng. trong mặt phẳng ta có (1 - 1): $\tau = \mu \cdot du/dy$

Hay viết dưới dạng vecto:

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

Trong đó : Δu - toán tử Laplas

$$\nu = \mu/\rho - \text{độ nhớt động học.}$$

Một số nhận xét:

Đối với chất lỏng không nén được: $\rho = \text{const}$ nên $\text{div} \vec{u} = 0$ nên phương trình trên có dạng: $\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p + \nu \Delta \vec{u}$

Khi $\nu = 0$, nghĩa là chất lỏng lý tưởng ta được $\frac{d\vec{u}}{dt} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p$ Khi chất không chuyển động (ở trạng thái tĩnh) $\vec{u} = 0$, hay chuyển động thẳng đều $\frac{d\vec{u}}{dt} = 0$

Nên có dạng $0 = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p$ Đây cũng chính là phương trình Ôle thủy tĩnh

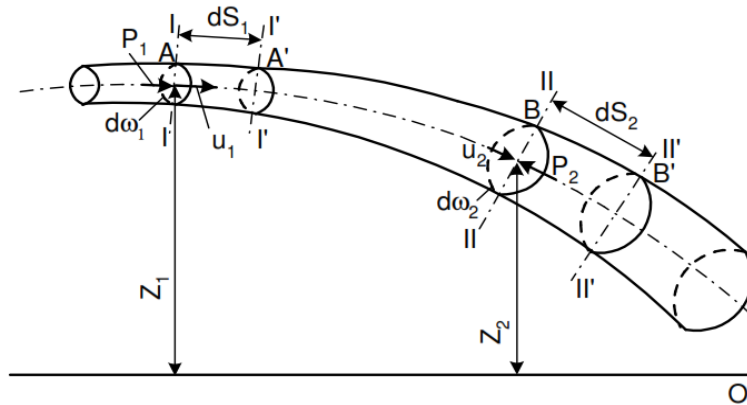
Kết hợp phương trình liên tục đủ để xác định 4 ẩn số: u_x, u_y, u_z và p .

4. PHƯƠNG TRÌNH BECNULLY:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về cách thành lập phương trình Bernoulli của dòng nguyên tố, toàn dòng, vận dụng trong ống pitô và ống ventury.

4.1. Phương trình Bernoulli cho dòng nguyên tố chất lỏng lý tưởng chuyển động ổn định:



Lấy tích phân Bernoulli cho phương trình Euler thủy động (2) trong điều kiện cụ thể thường gặp: chất lỏng chuyển động dừng (ổn định) và lực khối tác dụng chỉ có trọng lực.

Nhân 2 vế phương trình với dx, dy, dz . Thay $F_x = 0, F_y = 0, F_z = -g$. Cộng các vế của phương trình (2) ta được:

$$-gdz - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) = \frac{du_x}{dt} dx + \frac{du_y}{dt} dy + \frac{du_z}{dt} dz$$

$$-gdz - \frac{1}{\rho} dp = d \left(\frac{u^2}{2} \right) \Leftrightarrow gdz + \frac{1}{\rho} dp + d \left(\frac{u^2}{2} \right) = 0$$

Lấy tích phân 2 vế: $\rho = \text{const}$

$$gz + \frac{p}{\rho} + \frac{u^2}{2} = C_1$$

Vậy viết cho 2 vị trí 1 & 2 nào đó của đường dòng ta được:

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

Đây là phương trình Bernoulli của chất lý tưởng chuyển động ổn định môi chất không nén được.

Đối với chất lỏng thực, vì có 1 phần năng lượng tiêu hao để thắng lực ma sát, cho nên:

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

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + h'w_{1-2}$$

$h'w_{1-2}$: Tổn thất cột áp (ý nghĩa thủy lực)

Tổn thất năng lượng đơn vị (ý nghĩa năng lượng) khi dòng nguyên tố chuyển động từ vị trí 1 - 2.

4.2. Mở rộng phương trình cho toàn dòng:

Coi toàn dòng là vô số dòng nguyên tố, Tại 2 mặt cắt ướt có dòng chảy đều hoặc đổi dần.

Viết phương trình Bernoulli cho toàn dòng bằng cách viết phương trình Bernoulli cho dG trọng lượng, sau đó tích phân trên toàn mặt cắt, nghĩa là nhân phương trình trên với $dG = \gamma.dQ$. rồi sau đó tích phân.

$$\Rightarrow Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h'w_{1-2}$$

$$\alpha = \frac{E_u}{E_v}$$

E_u : Động năng tính theo vận tốc điểm

E_v : Động năng tính theo vận tốc trung bình.

α : Được gọi là hệ số điều chỉnh động năng (đưa vào do có sự phân bố vận tốc không đều trên mặt cắt ướt).

$\alpha = 2$: dòng chảy tầng. $\alpha = 1,01 \div 1,1$: dòng chảy rối

$\alpha = 1$: dòng chảy rối có giá trị bé

v_1, v_2 : Vận tốc trung bình tại mặt cắt 1-1, 2-2.

Phương trình trên là phương trình Bernoulli cho toàn dòng chất lỏng thực

Lưu ý : việc mở rộng phương trình Bernoulli không phải đối với loại dòng chảy nào cũng làm được, ở trên ta tiến hành mở rộng được trong điều kiện dòng chảy đều và biến đổi chậm.

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

4.3. Vận dụng phương trình Bernoulli vào ống pitto và ống Ventury:

Khi vận dụng cần chú ý:

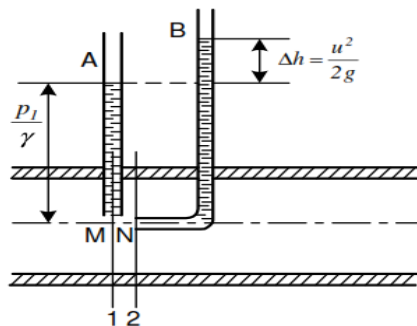
Chọn mặt cắt, chọn điểm, chọn mặt chuẩn cho phù hợp. Mặt cắt chọn để viết phương trình phải vuông góc với dòng chảy. Mặt chuẩn phải là mặt phẳng ngang. Hai điểm chọn nằm trên một đường dòng.

Áp suất có thể tính theo áp suất tuyệt đối hoặc dư, nhưng trong 2 vế của phương trình phải thống nhất một loại.

Kiểm tra trạng thái dòng chảy để chọn trị số α thích hợp.

Chú ý chiều dòng chảy khi tính tổn thất năng lượng: hw dương khi tính xuôi theo dòng chảy. Năng lượng đơn vị tại mặt cắt thượng lưu lớn hơn tại mặt cắt hạ lưu.

a. Ống pitto:



Sử dụng một ống đo áp và một ống pitto dạng chữ L đặt vào dòng chảy như hình vẽ trên.

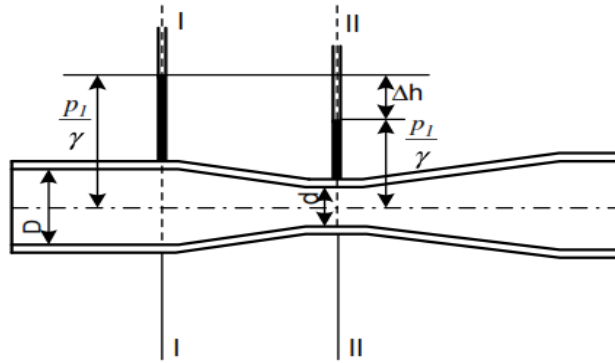
Ống đo áp cho ta giá trị $z + p/\gamma$

Ống pitto dâng cao hơn một đoạn $\Delta H = u^2/2g$

Từ đó ta suy ra: $u = \sqrt{2g\Delta H}$

Vì vậy kết hợp 2 ống lại với nhau nên ta mới nói ống pitto dùng để đo vận tốc.

b. Ống Ventury:



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

Vận dụng bằng cách chọn mặt cắt, điểm mặt chuẩn rồi viết phương trình Bernoulli bỏ qua tổn thất năng lượng:

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

Ở đây hệ số hiệu chỉnh động năng $\alpha_1, \alpha_2 = 1$ xem dòng chảy rối có giá trị bé. Đồng thời ta có phương trình liên tục cho toàn dòng:

$$Q_1 = Q_2 \text{ suy ra } v_2 = v_1 \frac{w_1}{w_2} = v_1 \frac{D^2}{d^2}$$

Thay vào phương trình trên ta có được:

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

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

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \Delta h$$

Là độ chênh của hai độ cao đo áp, lưu lượng chất lỏng đi qua lưu lượng kế bằng:

$$Q = v_1 w_1 = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{d^4}{D^4 - d^4}} \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h} = K \cdot \sqrt{\Delta h}$$

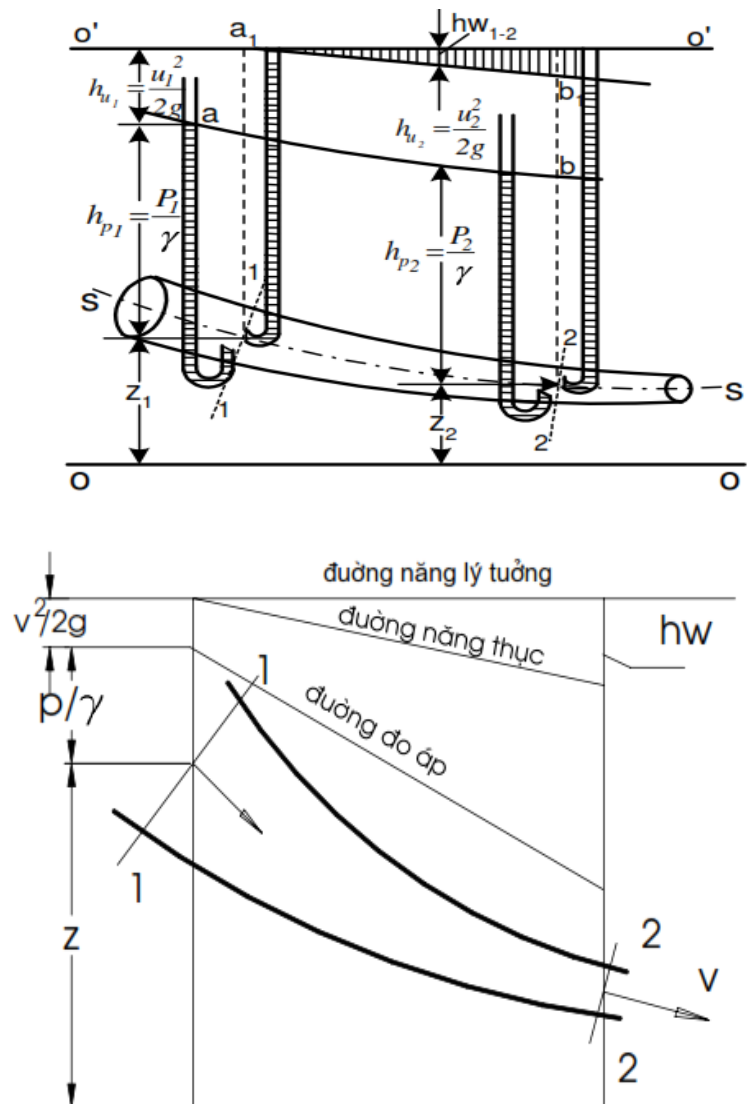
Dựa vào công thức trên muốn xác định lưu lượng chảy qua lưu lượng kế chỉ cần đo độ chênh Δh là tính ra lưu lượng.

Đối với chất lỏng thực có tổn thất $h_{w1-2} = \xi \frac{v_1^2}{2g}$

Trong đó ξ là hệ số tổn thất cục bộ khi đó $Q = K_1 \sqrt{\Delta h}$

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

c. Biểu diễn hình học phương trình Bernoulli:



1. Đường năng
2. Đường đo áp

Đường năng trong trường hợp lưu chất lý tưởng là đường thẳng nằm ngang, trong trường hợp lưu chất thực là đường dốc xuống dọc theo dòng chảy.

Nếu là dòng chảy đều (vận tốc không đổi) đường năng và đường đo áp sẽ song song với nhau.

Đường năng biểu diễn năng lượng đơn vị của dòng chảy, cũng là cột áp thủy động.

Để đánh giá mức độ biến thiên của năng lượng đơn vị dọc theo dòng chảy, ta xét tổn thất năng lượng đơn vị trên một đơn vị chiều dài của dòng chảy, gọi là độ dốc thủy lực:

$$J = \frac{hw}{l} : \text{Độ dốc thủy lực trung bình}$$

Đường đo áp biểu diễn thế năng đơn vị của dòng chảy cũng là cột áp thủy tĩnh.

5. Ý NGHĨA CỦA PHƯƠNG TRÌNH BECNULLY:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về ý nghĩa hình học và năng lượng và hình học của phương trình Becnully.

5.1. Về mặt năng lượng:

Cơ năng đơn vị trong dòng chảy luôn luôn là một hằng số đối với mỗi điểm

5.2. Về mặt hình học:

Cột áp thủy động luôn luôn là một hằng số đối với mỗi điểm

Đại lượng	Ý nghĩa thủy lực	Ý nghĩa năng lượng
Z	Độ cao hình học	Vị năng đơn vị
$\frac{p}{\gamma}$	Độ cao đo áp	Áp năng đơn vị
$z + \frac{p}{\gamma}$	Cột áp thủy tĩnh	Thế năng đơn vị
$\frac{u^2}{2g}$	Độ cao vận tốc	Động năng đơn vị
$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g}$	Cột áp thủy động	Cơ năng (NL) đơn vị

* Ngân hàng câu hỏi trắc nghiệm chương 3:

TT	CÂU HỎI	ĐÁP ÁN
----	---------	--------

CHƯƠNG 4: TỖN THẤT NĂNG LƯỢNG

Mã chương: MH22 – 04

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức về thí nghiệm reynolds, chế độ dòng chảy, tổn thất năng lượng, tổn thất dọc đường, tổn thất cục bộ, các dạng bài toán đơn giản, phức tạp.

Mục tiêu:

- Thí nghiệm reynolds.
- Chế độ dòng chảy (chảy tầng chảy rối).
- Xác định hệ số ma sát và hệ số tổn thất cục bộ.
- Trình bày được khái niệm của đường ống đơn giản, đường ống phức tạp.
- Thiết lập các công thức tính toán trong một số đường ống phức tạp.
- Trình bày phương pháp tính thủy lực đường ống của máy bơm ly tâm.

Nội dung chính:

1. KHÁI NIỆM CHUNG:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về tổn thất năng lượng, tổn thất dọc đường và tổn thất cục bộ.

1.1. Tổn thất năng lượng là gì:

Trong quá trình chuyển động năng lượng riêng của dòng chảy bị tiêu hao được khắc phục các lực cản, một phần làm nóng vật hoặc môi trường tiếp xúc với chất lỏng, một phần nóng bản thân chất lỏng. phần năng lượng này không thu hồi được, hiện tượng này làm giảm đáng kể hiệu suất hệ thống thủy lực.

* Nhiệm vụ:

Nghiên cứu cấu tạo nội bộ chất lỏng nơi xảy ra tổn thất từ đó tìm ra nguyên nhân gây nên tổn thất.

Trong phương trình Becnully tham số hw_{12} là năng lượng tính cho một đơn vị trọng lượng chất lỏng của dòng chảy bị tiêu hao để khắc phục các trở lực trong quá trình chuyển động.

hw_{12} :Tổn thất năng lượng đơn vị hay còn gọi Tổn thất cột áp.

Các trở lực này có thể là do:

- Lực ma sát nhớt gây ra trong nội bộ dòng chảy.
- Do sự chuyển động hỗn loạn của các phân tử chất lỏng va vào nhau.
- Hoặc những nơi này dòng chảy bị thay đổi đột ngột.

Tổn thất năng lượng trong dòng chảy (sức cản thủy lực) chia làm 2 loại:

- Tổn thất dọc đường (h_d)
- Tổn thất cục bộ (h_c)

$$\Rightarrow h_{w12} = \sum h_d + \sum h_c$$

1.2. Tổn thất dọc đường:

Là tổn thất xảy ra dọc theo đường di chuyển của dòng chảy (tổn thất cần thiết để thắng sức cản do ma sát)

1.3. Tổn thất cục bộ:

Là tổn thất mà xảy ra tập trung tại một nơi nào đó của dòng chảy. Ví dụ: Khóa, van, lưới lọc... hoặc tại những nơi dòng chảy bị thu hẹp bị mở rộng, co hẹp, uốn khúc một cách đột ngột (dòng chảy bị biến dạng đột ngột)(tổn thất do sự thay đổi hình dạng mặt biên của dòng chảy)

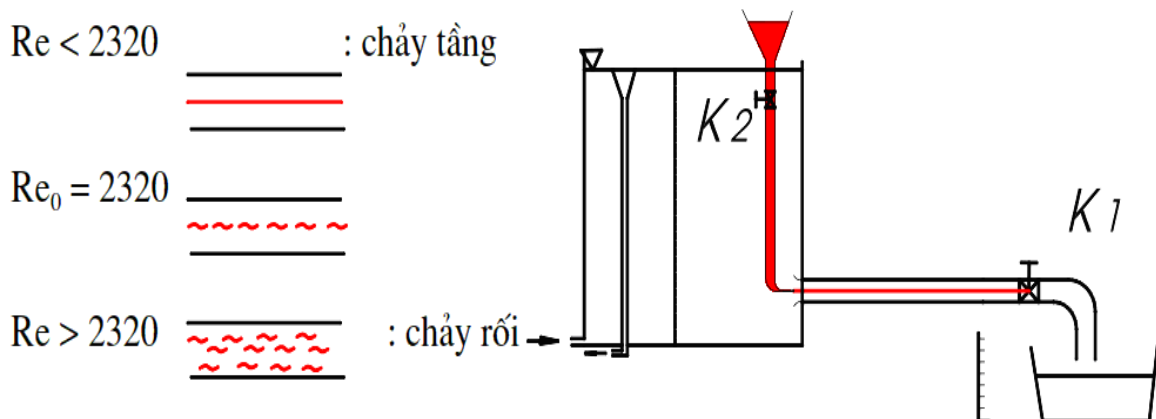
Tổn thất năng lượng trong các dòng chảy phụ thuộc nhiều vào trạng thái của chúng. Điều kiện ta coi tổn thất dọc đường và cục bộ xảy ra độc lập nhau: khoảng cách giữa hai cục bộ liên tiếp nhau 20 - 50 lần đường kính ống.

2. THÍ NGHIỆM REYNOLDS:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về thí nghiệm Reynolds, trị số Reynolds và trạng thái của dòng chảy: chảy rối hay chảy tầng hay quá độ.

2.1. Thí nghiệm Reynolds:



Thùng lớn A chứa nước (nước được giữ yên tĩnh tuyệt đối)

Thùng B (thùng lường) để đo lưu lượng nước chảy ra.

Ống thủy tinh được gắn chặt với thùng A, có đường kính trong không đổi. một đầu loe ra ngoài để nước chảy trong ống không có tổn thất, đầu kia dùng khóa K_1 để điều chỉnh lưu lượng và vận tốc nước trong ống.

Thùng C: chứa nước màu (trọng lượng riêng nước màu và nước bằng nhau). Được dẫn qua ống kim loại đến kim rỗng được đặt trùng với trục ống thủy tinh, lưu lượng nước màu được điều chỉnh nhờ khóa K_2 .

Ta tiến hành thí nghiệm như sau:

Mở nhẹ khóa K_1 sao cho vận tốc nước trong ống thủy tinh nhỏ, sau khi cho nước chảy ổn định mở khóa K_2 sao cho nước màu chảy vào ống thủy tinh. Ta nhận thấy nước màu chảy thành một vệt như sợi chỉ điều này chứng tỏ nước và nước màu chảy hoàn toàn riêng lẻ nhau.

Tiếp tục mở khóa K_1 hiện tượng trên tiếp tục xảy ra trong một khoảng thời gian nữa cho đến khi K_1 đạt một vị trí xác định tức vận tốc trong ống có một vị trí xác định thì lớp màu bắt đầu giao động lượng sóng nếu tiếp tục mở K_1 nữa thì vệt nước màu sẽ được đứt đoạn, và cứ thế tiếp tục thì nước màu hòa lẫn vào môi trường nước. điều này chứng tỏ nước và nước màu chuyển động hỗn loạn và hoàn toàn xáo trộn lẫn nhau.

Ta làm ngược lại đóng dần khóa K_1 đến một lúc nào đó vệt màu xuất hiện trở lại và cuối cùng căng như sợi chỉ ban đầu.

Qua thí nghiệm của Reynolds ông đã chỉ ra có 3 trạng thái chuyển động của chất lỏng: Tầng - quá độ - rối.

2.2. Phân loại trạng thái chảy:

- Trạng thái chảy tầng: khi các phân tử chất lỏng chuyển động từng lớp riêng rẽ nhau không xáo trộn lẫn nhau.

- Trạng thái chảy rối: khi các phân tử chất lỏng chuyển động hỗn độn, xáo trộn lẫn nhau.

- Trạng thái dòng chảy trong đó các phân tử chất lỏng chảy trung gian: Trạng thái chảy quá độ

=> Trạng thái chảy quá độ tồn tại trong khoảng thời gian rất ngắn và không ổn định.

- $v_{pg} = f(\text{đường kính ống và loại chất lỏng})$

- Vận tốc phân giới trên (v_{pg}^t): là vận tốc khi các phân tử chất lỏng chuyển động từ trạng thái chảy tầng → chảy rối

- Vận tốc phân giới dưới (v_{pg}^d): là vận tốc khi các phân tử chất lỏng chuyển động từ trạng thái chảy rối → chảy tầng.

$$v_{pg}^t > v_{pg}^d$$

Nếu $v < v_{pg}^d$: Trạng thái chảy tầng

Nếu $v > v_{pg}^t$: Trạng thái chảy rối

2.3. Số Reynolds:

v_{pg} : Phụ thuộc vào loại chất lỏng trong ống thủy tinh, đường kính ống làm thí nghiệm như vậy không thể dùng v_{pg} để làm tiêu chuẩn phân loại trạng thái chảy với mọi loại ống mọi chất lỏng.

Theo Reynolds (Re) trạng thái chảy phụ thuộc vào tổ hợp không thứ nguyên bao gồm các yếu tố ảnh hưởng sự chuyển động của chất lỏng.

- Vận tốc trung bình tiết diện ướt : v (m/s)
- Đường kính ống làm thí nghiệm : d (m)
- Hệ số nhớt động học : ν (m²/s)

Từ đó suy ra hệ số Reynolds là:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \left(\frac{\frac{m}{s} \cdot \frac{m}{m^2}}{\frac{m^2}{s}} \right) \quad \text{Hệ số Re không có đơn vị.}$$

Khi $Re < 2320$: Dòng chảy tầng.

Khi $Re \geq 2320$: Dòng chảy rối.

Nếu ống không tròn thì ta tìm theo bán kính thủy lực Re_{Rh}

$$Re_{Rh} = \frac{v \cdot R_h}{\nu}$$

Thấy $Re = 4Re_{Rh}$

- $Re < 2320$ hoặc $Re_{pg} < 580$ ta suy ra dòng chảy tầng

- $Re \geq 2320$ hoặc $Re_{pg} \geq 580$ ta suy ra dòng chảy rối.

$$v_{pg}^t \rightarrow Re_{pg}^t = \frac{v_{pg}^t \cdot d}{\nu} \qquad v_{pg}^d \rightarrow Re_{pg}^d = \frac{v_{pg}^d \cdot d}{\nu}$$

Nếu $Re < Re_{pg}^d \rightarrow$ dòng chảy tầng. Nếu $Re > Re_{pg}^t \rightarrow$ dòng chảy rối.

$Re_{pg}^d < Re < Re_{pg}^t \rightarrow$ có thể dòng chảy tầng hoặc chảy rối nhưng thường ta chọn chế độ dòng chảy rối.

3. TỔN THẤT DỌC ĐƯỜNG (h_d):

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về kiến thức tổn thất dọc đường, dùng đồ thị hay công thức toán học để tìm hệ số ma sát.

3.1. Đặc điểm của tổn thất dọc đường:

Trong quá trình di chuyển lớp chất lỏng mỏng sát thành rắn bám chặt vào thành $v=0$ và các lớp các phân tử chất lỏng chuyển động trượt lên nó.

Ngoài ra trong khi di chuyển thì các lớp chuyển động trượt lên trên nhau (đối với chảy tầng) hoặc chuyển động hỗn loạn va chạm lẫn nhau (đối với chảy rối) và làm cản trở của chất lỏng gây tiêu hao trong dòng chảy vì vậy nguyên nhân gây tổn thất dọc đường là:

Đối với chảy tầng: sự ma sát giữa hai lớp chất lỏng.

Đối với chảy rối: sự va đập hỗn loạn của các phân tử chất lỏng

Theo thí nghiệm của Reynolds:

$h_d = k_1 \cdot v$: dòng chảy tầng

$h_d = k_2 \cdot v^m$: dòng chảy rối

k_1, k_2 : hằng số tỉ lệ.

$m = 1,7 \div 2$: Trong đoạn quá độ

$m = 2$: Chảy rối

Năm 1856 ông đưa ra công thức tổng quát gọi là công thức Darcy

$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m}) \text{ Dòng chảy có áp trong ống trên.}$$

Trong đó :

λ : Hệ số ma sát phụ thuộc vào số Re và tình trạng thành rắn giới hạn dòng chảy.

l : Chiều dài ống (m). d : Đường kính ống (m)

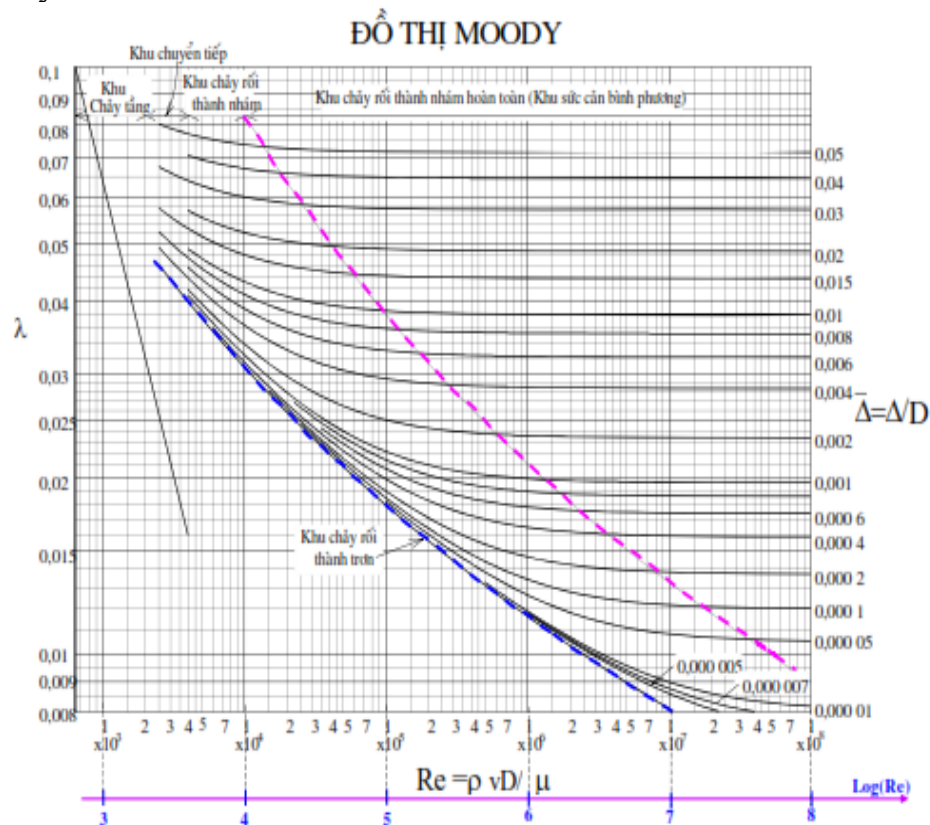
v : Vận tốc trung bình mặt cắt ướt (m/s)

Dòng chảy không áp: $d = 4R_h$

$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{4R_h} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

3.2. Hệ số ma sát λ :

Đồ thị Moody:



Có 5 khu vực:

- 1 - Chảy tầng có: $\lambda = 64/Re$
 - 2 - Chảy quá độ từ tầng sang rối: chưa có qui luật nào.
 - 3 - Chảy rối thành trơn: $\lambda = f(Re)$.
 - 4 - Chảy quá độ từ thành trơn sang thành nhám: $\lambda = f(Re, n)$.
 - 5 - Chảy rối thành nhám: $\lambda = f(n)$.
- $N = \Delta/d$: độ bóng tương đối.
 Trong đó: Δ : độ nhám thô.
 d : đường kính danh nghĩa.

3.3. Công thức tính hệ số ma sát λ :

+ Khu vực chảy rối thành trơn:

- Công thức Balasius dùng khi $2320 < Re < 10^5$.

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$$

- Công thức Konacop dùng khi $10^5 < Re < 3.26 \cdot 10^6$.

$$\lambda = \frac{1}{(1.8 \lg Re - 1.5)^2}$$

+ Khu vực chảy rối thành nhám không hoàn toàn: Công thức Antosun:

$$\lambda = 0.1 \left(1.46 \frac{\Delta}{d} + \frac{100}{Re} \right)^{0.25}$$

Trong đó: Δ : độ nhám tuyệt đối trang sách vật liệu chịu nhiệt.

d : đường kính ống.

+ Khu vực chảy rối thành nhám:

- Công thức Nicurat khi $Re > 4 \cdot 10^6$.

$$\lambda = \frac{1}{\left(2 \lg \frac{r_0}{\Delta} + 1.74 \right)^2}$$

Trong đó: r_0 : bán kính trong của ống

Δ : độ nhám tuyệt đối.

+ Công thức Frenken:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left(\lg \left(3.7 \frac{d}{\Delta} \right) \right)^2}$$

Có thể sử dụng công thức suy ra từ hệ số chesy:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

Trong đó v : Vận tốc trung bình mặt cắt ướt.

C: Hệ số chesý

R: Bán kính thủy lực.

J: Độ dốc thủy lực.

$$J = \frac{v^2}{C^2 \cdot R} = \frac{h_d}{l}$$

$$h_d = \frac{v^2 \cdot l}{C^2 \cdot R} = \frac{2g \cdot 4l \cdot v^2}{C^2 \cdot 4R \cdot 2g} = \frac{\lambda \cdot l \cdot v^2}{4R \cdot 2g}$$

$$\lambda = \frac{8g}{C^2}$$

Suy ra

$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{\frac{h_d}{l}}$$

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

$$\text{Với } C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

Phương pháp tính C:

+ Công thức Manning:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

R: Bán kính thủy lực ($R < 0.5\text{m}$)

n: Hệ số nhám ($n < 0.02$)

+ Công thức Pavlopxki:

$$C = \frac{1}{n} R^y$$

$$0.01 \leq n \leq 0.04$$

$$0.1\text{m} \leq R \leq 4\text{m}$$

Cách tính y:

Với $R < 1\text{m}$ thì y tính công thức sau:

$$y = 1.5\sqrt{n}$$

Với $R \geq 1\text{m}$ thì y tính công thức sau:

$$y = 1.3\sqrt{n}$$

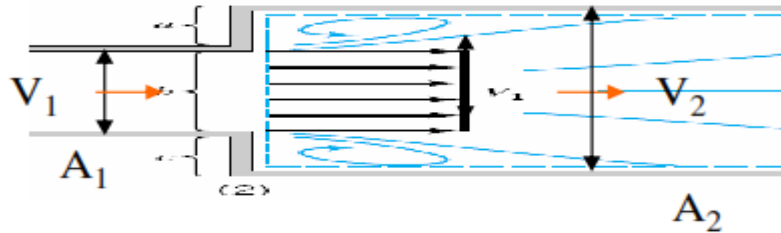
4. TỔN THẤT CỤC BỘ (h_c):

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về tổn thất cục bộ, đặc điểm và công thức về hệ số cục bộ, cách tính hệ số cục bộ về đột thu đột mở

4.1. Đặc điểm của tổn thất cục bộ:

Thực nghiệm chứng tỏ rằng khi chất lỏng chuyển động đến các khu vực chắn cản đột thu đột mở thì lập tức xuất hiện khu vực xoáy tại mặt phân chia giữa dòng chính và vòng xoáy xảy ra sự chuyển động hỗn loạn của chất lỏng. Năng lượng riêng của dòng chảy tại đây mất mát quá lớn gây nên tổn thất năng lượng.



Công thức Weisbach:

$$h_c = \xi_c \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Trong đó: v : Vận tốc ở hạ lưu vật cản.
 ξ_c : Hệ số tổn thất cục bộ.

Phụ thuộc vào trạng thái dòng chảy và phụ thuộc vào đặc trưng hình học của vật cản.

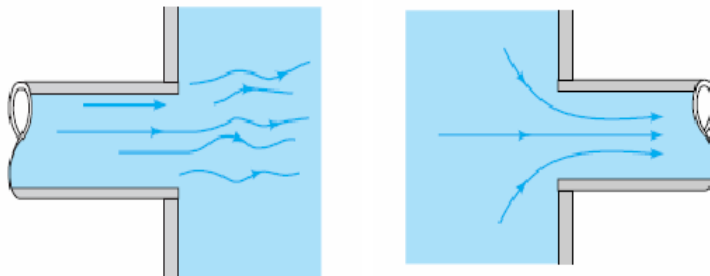
Thực nghiệm chứng tỏ rằng dòng chảy rối thì tổn thất cục bộ $h_c = v^n (n = 2)$. Lúc này ζ không phụ thuộc vào Re còn dòng chảy tầng thì tổn thất cục bộ $h_c = v^n (n < 2)$. Lúc này ζ phụ thuộc vào Re để đánh giá sơ bộ

$$\zeta = \frac{Z}{Re^x}$$

Trong đó Z : Hệ số phụ thuộc đặc trưng hình học.
 x : Hệ số tùy thuộc vào mức độ vận cản bị phá vỡ của kết cấu

tàng.

4.2. Hệ số tổn thất cục bộ.



Đột mở và Đột thu

4.2.1. Hệ số tổn thất cục bộ của dòng đột mở:

Dòng đột mở là dòng chảy từ nơi có tiết diện nhỏ sang nơi có tiết diện lớn hơn.

Tồn thất cục bộ đột mở.

$$\xi_{dm} = \left(\frac{W_2}{W_1} - 1 \right)^2 \quad \text{suy ra} \quad h_{dm} = \xi_{dm} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\xi_{dm} = \left(1 - \frac{W_1}{W_2} \right)^2 \quad \text{suy ra} \quad h_{dm} = \xi_{dm} \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

Trong đó W_1 : Tiết diện nhỏ.
 W_2 : Tiết diện lớn.
 v_1 : Vận tốc tiết diện nhỏ.
 v_2 : Vận tốc tiết diện lớn.

Trường hợp đặc biệt: chất lỏng từ ống chảy vào bể thì W_1 nhỏ hơn rất nhiều

$$W_2 \text{ nên } \xi_{dm} = 1 \text{ và } h_{dm} = \frac{v_1^2}{2g}$$

4.2.2. Hệ số tồn thất cục bộ của dòng đột thu:

Dòng đột thu là dòng chảy từ nơi có tiết diện lớn vào nơi có tiết diện nhỏ hơn.

Tồn thất cục bộ đột thu:

$$\xi_{dt} = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{W_2}{W_1} \right)^2$$

$$h_{dt} = 0,5 \cdot \xi_{dt} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

Trong đó : W_1 : Tiết diện lớn.
 W_2 : Tiết diện nhỏ.
 v_1 : Vận tốc tiết diện lớn.
 v_2 : Vận tốc tiết diện nhỏ.

Trường hợp đặc biệt : Chất lỏng chảy từ bể vào ống : W_1 lớn rất nhiều so với W_2

$$h_{dt} = 0,5 \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

4.2.3. Các tồn thất khác:

- Tồn thất cục bộ qua chỗ uốn cong đều:

$$\xi_u = \left[0,131 + 0,163 \left(\frac{d}{R} \right)^{3,5} \right] \alpha^0 \quad \text{suy ra} \quad h_u = \xi_u \frac{v^2}{2g}$$

- Tổn thất cục bộ qua khóa và van:

$$h_k = \xi_k \frac{v^2}{2g}$$

Trong đó ξ_k :phụ thuộc vào loại khóa van và độ mở của khóa van.

- Tổn thất cục bộ qua ngã ba dòng chảy:

$$h_n = \xi_n \frac{v^2}{2g}$$

Hệ số ξ_n lấy gần đúng theo kinh nghiệm.

5. TÍNH TOÁN THỦY LỰC:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về tính toán thủy lực, phân loại đường ống thủy lực, các dạng bài toán đơn giản và phức tạp.

Đường ống dùng để vận chuyển chất lỏng từ nơi đến nơi khác hay là phương tiện truyền cơ năng của chất lỏng. vận tải đường ống còn là một ngành khá phát triển. học phần này ta thiết kế, kiểm tra hoặc điều chỉnh hệ thống sẵn có cho phù hợp với yêu cầu về cột áp và lưu lượng ít gây tổn thất năng lượng.

5.1. Phân loại đường ống thủy lực:

5.1.1. Dựa vào tổn thất năng lượng: chia thành 2 loại:

- Ống dài: h_d là chủ yếu, bỏ qua h_c , $h_c < 10\%h_w$, thường $l \gg d$ (hàng 1000 lần).

- Ống ngắn: $h_c > 10\%h_w$.

5.1.2. Dựa kết cấu đường ống:

- Đường ống đơn giản: là đường ống có đường kính d và Q không đổi dọc theo chiều dài.

- Đường ống phức tạp: là đường ống d và Q thay đổi dọc theo chiều dài.

- Cho nên việc tính toán đường ống đơn giản là nền tảng cho việc tính toán ống phức tạp.

5.1.3. Công thức tính toán:

a. Tính công suất tiêu hao khi vận chuyển đường ống:

$$N = \gamma QH \quad (W)$$

Trong đó:

γ : Trọng lượng riêng của chất lỏng vận chuyển (N/m^3).

Q : Lưu lượng chất lỏng (m^3/s)

H : Độ chênh cột áp (năng lượng đơn vị) (m)

b. Phương trình Becnully đối với chất lỏng thực(h_{w12} : tổn thất năng lượng):

$$\Rightarrow Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h'w_{1-2}$$

Hay là $e_1 = e_2 + h_{w12}$.

Trong đó: e_1 : Năng lượng đơn vị đầu ống.
 e_2 : Năng lượng đơn vị cuối ống.

- Phương trình lưu lượng: $Q = v.W$
- Công thức tính tổn thất h_w :

$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}; \quad h_c = \xi_c \frac{v^2}{2g}$$

Trong đó λ, ζ các giá trị tổn thất ma sát và tổn thất cục bộ ở phần trên đã giới thiệu.

5.2. Tính toán đường ống đơn giản:

Có 4 bài toán cơ bản về đường ống đơn giản.

Bài toán số 1: Tính H khi biết Q, l, d, n.

Từ phương trình Becnully ta suy ra:

$$H = H_1 - H_2 = h_w$$

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

Bài toán số 2: Tính Q khi biết H, l, d, n.

Giải bằng 2 phương pháp:

- Phương pháp cột áp tới hạn (H_c) khi không có cản cục bộ. Ta có:

$$H = H_1 - H_2 = H_d$$

$$H_d = \frac{32v^2 l}{g.d^3} \cdot Re$$

- Nếu chất lỏng chảy tầng: $\lambda = 64/Re$.

$$H = \frac{128vl}{\pi g d^4} Q \rightarrow Q = H \frac{\pi g d^4}{128vl}$$

- Nếu $H > H_c$: chảy rối, nên tính λ bằng phương pháp thử dần.
- Phương pháp biểu đồ (cho cả $\sum \zeta \neq 0$).

Cho các trị số Q, vẽ $H(Q)$ theo công thức ở trên từ biểu đồ đó khi cho H sẽ có Q tương ứng.

Bài toán số 3: Tính d biết l, H, Q, n

Từ biểu thứ trên ta suy ra:

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

Tìm d bằng đồ thị:

$$\begin{cases} y_1 = d^4 \\ y_2 = \frac{8}{\pi^2 gH} \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) Q^2 \end{cases}$$

Giao điểm 2 đường cong đó chiếu xuống hoành độ là d cần tìm.

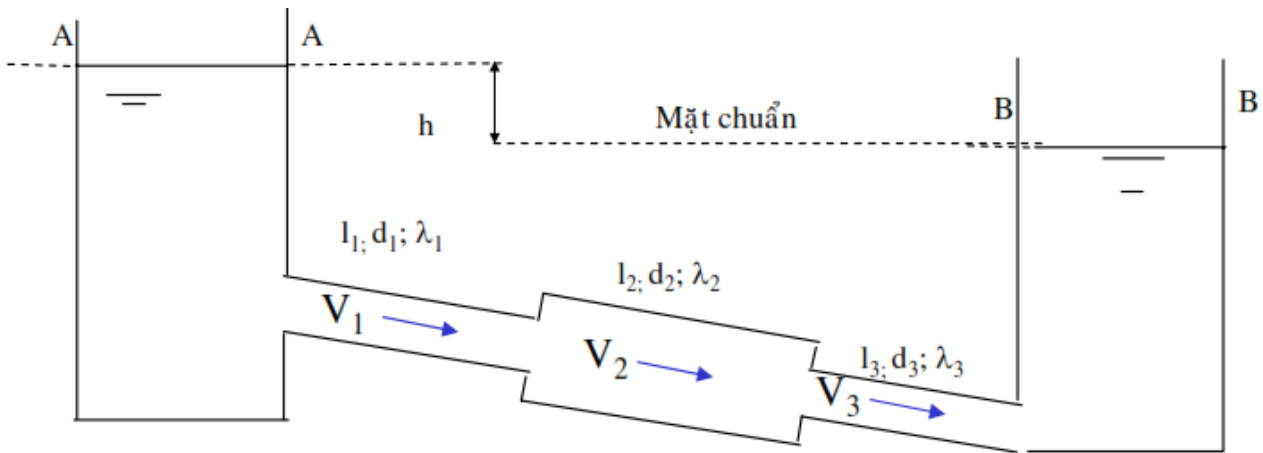
Bài toán số 4: Tính d , H khi biết Q , l , n .

Tính trước d theo v_{kt} : vận tốc kinh tế đã xác định hay v_{tb} sau đó ta tính H như bài toán số 1.

5.3. Tính toán đường ống phức tạp:

Dựa trên cơ sở tính toán bài toán đơn giản.

5.3.1. Đường ống nối tiếp:



Ta có quan hệ:

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n.$$

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

Chọn H sao cho thích hợp.

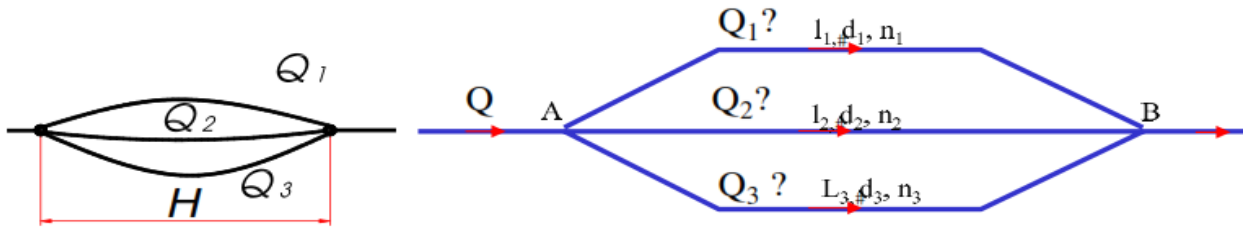
$$H_1 = \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \cdot \frac{8Q_1^2}{\pi^2 g \cdot d^4} = W_1 \cdot Q_1^2$$

$$H_2 = W_2 Q_2^2$$

$$H = (W_1 + W_2 + \dots + W_n) Q^2 = \sum_1^n S_i Q^2$$

Bằng phương pháp đồ giải: xây dựng đường quan hệ $H - Q$.

5.3.2. Đường ống nối song song:



Đặc điểm thủy lực:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n. \quad H = H_1 = H_2 = \dots = H_n.$$

$$H = W_1 Q_1^2 = W_2 Q_2^2 = \dots = W_n Q_n^2$$

Suy ra:
$$Q_2 = \sqrt{\frac{W_1}{W_2}} Q_1$$

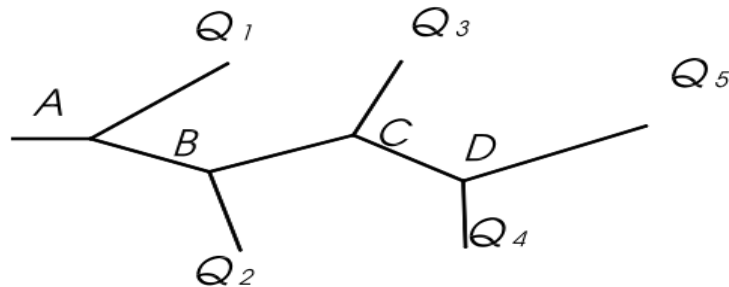
$$Q_3 = \sqrt{\frac{W_1}{W_3}} Q_1$$

$$Q = \left(1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_2}} + \sqrt{\frac{W_1}{W_3}} + \dots + \sqrt{\frac{W_1}{W_n}} \right) Q_1$$

$$H = H_1 = W_1 \cdot \frac{Q^2}{\left(1 + \sqrt{\frac{W_1}{W_2}} + \sqrt{\frac{W_1}{W_3}} + \dots + \sqrt{\frac{W_1}{W_n}} \right)^2}$$

Tương tự, có thể giải bằng đồ thị.

a. Đường ống phân nhánh hở:



Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 : lưu lượng chất lỏng phân phối theo các vị trí.

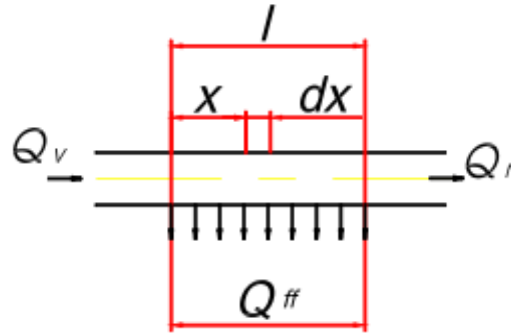
Các bước tính toán:

Bước 1: chọn đường ống cơ bản: là đường ống vận tải năng lượng của chất lỏng lớn nhất; thường chọn Q hay chọn l dài nhất.

Bước 2: Tính toán thủy lực cho đường ống đã chọn.

Bước 3: Kiểm tra trên đường ống nhánh, xem với năng lượng đã tính có độ tải cho một nhánh không? Không đủ phải chọn lại tính lại.

b. Đường ống phân phối liên tục.



$Q_{ff} = q \cdot l$ (trong đó q : lưu lượng trên 1 đơn vị dài).

$Q_M = Q_v - Q_{ff} \cdot x/l = Q_f + Q_{ff} - Q_{ff} \cdot x/l$.

Tính tổn thất năng lượng dh trên dx (coi lưu lượng không đổi trên dx) với $\sum \zeta = 0$.

$$dh = \frac{8}{\pi^2 g} \lambda \frac{dx}{d^5} \left(Q_1 + Q_n - \frac{Q_n}{l} x \right)^2 \text{ suy ra}$$

$$h_d = \int_0^l dh = \frac{8}{\pi^2 g} \lambda \frac{dx}{d^5} \left(Q_f^2 + Q_f \cdot Q_{ff} - \frac{1}{3} Q_{ff}^2 \right)$$

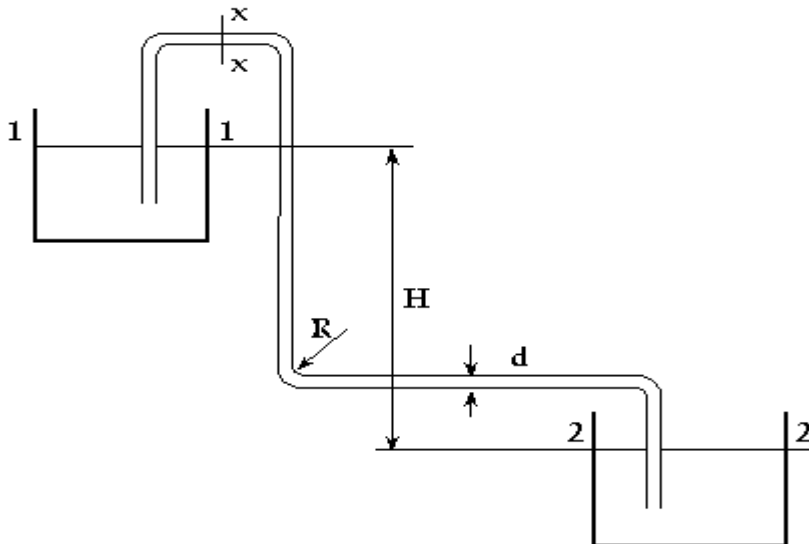
Chính là độ chênh lệch cột áp.

Ngoài ra có thể tính toán thủy lực đường ống dài phức tạp dựa trên cơ sở tính toán đường ống ngắn phức tạp bỏ qua $\sum h_c$.

Bài tập chương 4:

1. Nước chảy từ bình cao xuống thấp qua ống có đường kính $d = 50\text{mm}$, chiều dài $L = 30\text{m}$. Xác định độ chênh lệch ở mặt cắt $x - x$, nếu độ chênh lệch mực nước trong hai bình $H = 4.5\text{m}$, chiều cao của xi phông $z = 2.5\text{m}$, hệ số cản dọc đường $\lambda = 0,028$, bán kính vòng $R = 50\text{mm}$, khoảng cách từ đầu ống đến mặt cắt $x - x$ là $L_1 = 10\text{m}$.

Giải:



Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 1 - 1 & 2 - 2. Cho mặt cắt 2 - 2 làm chuẩn ta có:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2} + h_{\omega} \quad (*)$$

$$\text{Trong đó : } \begin{cases} z_1 = H & ; & z_2 = 0 \\ \text{Chọn } \alpha_1 = \alpha_2 = 1 \\ p_1 = p_2 = p_a \\ v_1 \approx v_2 \approx 0 \end{cases}$$

Thay vào (*) ta được :

$$H = h_{\omega} = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gH}{\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi}}$$

$$\lambda \frac{L}{d} = 0,028 \frac{30}{0,05} = 16,8$$

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 + \xi_5 + \xi_6 = \xi_1 + 4\xi_2 + \xi_6 = 0,5 + 4 \cdot 0,29 + 1 = 2,66$$

$$\text{Vậy : } v = \sqrt{\frac{2gH}{\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4,5}{16,8 + 2,66}} = 2,13 \text{ (m/s)} = v_x$$

Viết phương trình Bernoulli cho mặt cắt 1 - 1 & x - x. Cho mặt cắt 1 - 1 làm chuẩn ta có:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{\alpha_x v_x^2}{2g} + h_{\omega_x} \quad (**)$$

$$\text{Trong đó : } \begin{cases} z_1 = 0 & ; & z_2 = z_x \\ \text{Chọn } \alpha_1 = \alpha_x = 1 \\ p_1 = p_a & p_2 = p_x \\ v_1 \approx 0 & v_2 \approx v_x \end{cases}$$

Thay vào (**) ta được:

$$\frac{p_a - p_x}{\gamma} = L_1 + \frac{v_x^2}{2g} + h_{\omega_x} \quad \text{Mà } h_{ck} = \frac{p_a - p_x}{\gamma} \Rightarrow h_{ck} = z_x + \frac{v_x^2}{2g} + h_{\omega_x}$$

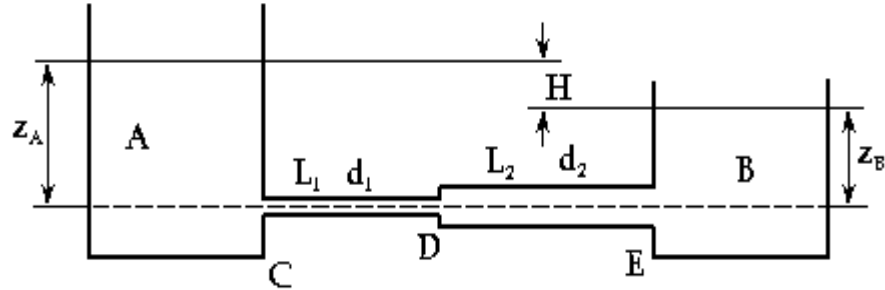
$$h_{\omega_x} = \left(\lambda \frac{L_1}{d} + \sum \xi \right) \frac{v_x^2}{2g}$$

$$\lambda \frac{L_1}{d} = 0,028 \frac{10}{0,05} = 5,6 \quad \text{và} \quad \sum \xi = \xi_1 + \xi_2 = 0,5 + 0,29 = 0,79$$

$$\Rightarrow h_{ck} = z_x + \frac{v_x^2}{2g} + h_{\omega_x} = 2,5 + (1 + 5,6 + 0,79) \frac{2,13^2}{2 \cdot 9,81} = 4,21 \text{ m}$$

2. Nước từ một bình chứa A chảy vào bể chứa B, theo một đường ống gồm hai loại ống có đường kính khác nhau. Biết $z_A = 13\text{m}$, $z_B = 5\text{m}$, $L_1 = 30\text{m}$, $d_1 = 150\text{mm}$, $\lambda_1 = 0.031$, $d_2 = 200\text{mm}$, $L_2 = 50\text{m}$, $\lambda_2 = 0.029$. Ống dẫn là loại ống gang đã dùng, giả thiết nước trong ống ở khu vực cân bằng phương. Tính lưu lượng Q và vẽ đường cột nước, đường đo áp của đường ống.

Giải:



Viết Phương trình Bernouly cho mặt cắt 1-1 & 2-2, lấy 0-0 làm chuẩn ta có:

$$z_A + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2} = z_B + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2} + h_{\omega h} \quad (1)$$

$$\text{Trong đó: } \begin{cases} z_1 = H & ; & z_2 = h_b \\ \text{Chọn } \alpha_1 = \alpha_2 = 1 \\ p_1 = p_2 = p_a \\ v_1 \approx v_2 \approx 0 \end{cases}$$

$$\text{Thay vào (1) ta được: } h_{\omega} = Z_A - Z_B = 13 - 5 = 8 \text{ (m)}$$

$$\text{Mặt khác: } h_{\omega} = \sum h_d + \sum h_c = \left(\lambda_1 \frac{L_1}{d_1} + \xi_1 + \xi_2 \right) \frac{v_1^2}{2g} + \left(\lambda_2 \frac{L_2}{d_2} + \xi_3 \right) \frac{v_2^2}{2g}$$

Phương trình liên tục:

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \Rightarrow V_1 = V_2 \frac{A_2}{A_1} = V_2 \frac{d_2^2}{d_1^2} \text{ Thay vào ta được:}$$

$$h_{\omega} = \left(\lambda_1 \frac{L_1}{d_1} + \xi_1 + \xi_2 \right) \frac{v_2^2}{2g} \frac{d_2^4}{d_1^4} + \left(\lambda_2 \frac{L_2}{d_2} + \xi_3 \right) \frac{v_2^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} \left[\left(\lambda_1 \frac{L_1}{d_1} + \xi_1 + \xi_2 \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 + \left(\lambda_2 \frac{L_2}{d_2} + \xi_3 \right) \right]$$

$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2gh_{\omega}}{\left(\lambda_1 \frac{L_1}{d_1} + \xi_1 + \xi_2 \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 + \left(\lambda_2 \frac{L_2}{d_2} + \xi_3 \right)}}$$

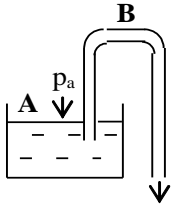
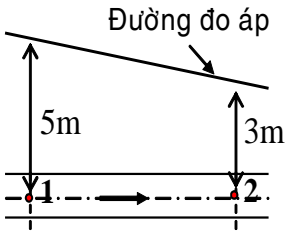
$$\xi_1 = 0,5 \text{ (bể vào ống)} \cdot \xi_2 = \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right)^2 = \left(1 - \left(\frac{150}{200} \right)^2 \right)^2 = 0,191 \cdot \xi_3 = 1 \text{ (ống ra bể)}$$

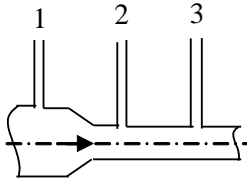
$$\Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2.9,81.8}{\left(0,031 \frac{30}{0,15} + 0,5 + 0,191\right) \left(\frac{0,2}{0,15}\right)^4 + \left(0,029 \frac{50}{0,2} + 1\right)}} = 2,2863 \text{ (m/s)}$$

$$\text{Lưu lượng : } Q = v_2 \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = 2,2863 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,0718 \text{ (m}^3/\text{s)} = 71,8 \text{ (l/s)}$$

*** Ngân hàng câu hỏi trắc nghiệm chương 4:**

TT	CÂU HỎI	ĐÁP ÁN
1	<p>Thế năng đơn vị là:</p> <p>a) $z + p/\gamma$ b) Có đơn vị là m c) Thế năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng d) Các đáp án kia đều đúng</p>	D
2	<p>Công mà một đơn vị trọng lượng chất lỏng có khả năng tạo ra do áp suất là:</p> <p>a) p b) p/γ c) $\sqrt{2gh}$ d) Không có câu trả lời</p>	B
3	<p>Hệ số hiệu chỉnh động năng:</p> <p>a) Có giá trị bằng 2 khi dòng chảy tầng b) Là tỉ số giữa động năng thực và động năng tính theo vận tốc trung bình c) Được đưa vào do sự phân bố vận tốc không đều của các phần tử chất lỏng trên một mặt cắt ướt d) Các đáp án kia đều đúng</p>	D
4	<p>Đường đo áp ($z+p/\gamma$) dọc theo một đường ống tròn nằm ngang có đường kính không đổi:</p> <p>a) Luôn luôn dốc lên theo chiều dòng chảy b) Luôn luôn dốc xuống theo chiều dòng chảy c) Luôn luôn ở trên đường năng d) Có thể tăng hoặc giảm tùy thuộc vào tổn thất trên đường ống</p>	B
5	<p>Ống Ventury là dụng cụ để đo:</p> <p>a) Lưu lượng tức thời trong ống b) Lưu lượng trung bình ống c) Vận tốc trung bình trong ống d) Vận tốc tức thời trong ống</p>	B
6	<p>Điều nào sau đây là điều kiện cần để áp dụng phương trình:</p>	C

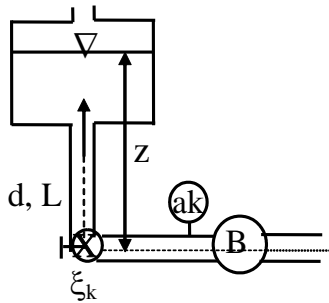
	$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$ <ol style="list-style-type: none"> Điểm 1 và 2 nằm trên một đường dòng. Tính theo áp suất dư. Chất lỏng chuyển động dừng, không nén được, lực khối chỉ có trọng lực. Chất lỏng nén được. Dòng chảy đều hoặc biến đổi dần. <p>a) 1, 2, 3 b) 3, 4, 5 c) 1, 3, 5 d) 2, 3, 4</p>	
7	<p>Dòng chảy từ bể qua ống như hình vẽ, xét $\Delta p = p_A - p_B$. Ta có:</p>  <p>a) $\Delta p > 0$ b) $\Delta p < 0$ c) $\Delta p = 0$ d) Δp dương hay âm phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy qua ống.</p>	A
8	<p>Chuyển động trong ống tròn nằm ngang có đường đo áp như hình vẽ. Giá trị 3m đo từ tâm ống biểu diễn:</p>  <p>a) $\frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ b) $\frac{p_1}{\gamma}$ c) $z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ d) Các đáp án kia đều sai.</p>	D
9	<p>Dòng chất lỏng chảy trong ống nằm ngang như hình bên, người ta lắp 3 ống đo áp tại 3 vị trí. Mức chất lỏng dâng lên trong các ống này sẽ là:</p>	C



- a) Dâng cao như nhau trong 3 ống.
 b) Dâng cao nhất trong ống 1, trong ống 2 và 3 cao bằng nhau.
 c) Dâng cao nhất trong ống 1, sau đó đến ống 2 và thấp nhất trong ống 3
 d) Thấp nhất trong ống 1, trong ống 2 và 3 cao bằng nhau.

10

Bơm B đẩy dầu từ một bình chứa qua đường ống dài $L = 1,4m$, đường kính $d = 0,03m$ với $Q = 6dm^3/s$. Biết $z = 3m$; $\xi_k = 4$. Dầu có độ nhớt $\nu = 2cm^2/s$; $\gamma = 8450 N/m^3$. Dầu chảy tầng. Áp suất đẩy (đọc trên áp kế) của bơm bằng:



- a) 2,93 at b) 1,95 at c) 1,61 at d) 0,85 at

B

CHƯƠNG 5: MÁY THỦY KHÍ

Mã chương: MH22 – 05

Giới thiệu:

Chương này cung cấp cho sinh viên học sinh những kiến thức về định nghĩa máy thủy khí: bơm quạt máy nén, phân loại bơm quạt máy nén, các thông số trọng tâm của một máy thủy lực, từng bước tính chọn công suất bơm.

Mục tiêu:

- Phân loại được bơm quạt và máy nén.
- Các thông số trọng tâm của một máy thủy lực.
- Tính toán bài toán liên quan đến máy thủy lực.

Nội dung chính:

1. ĐỊNH NGHĨA:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên về kiến thức máy thủy lực, định nghĩa bơm, quạt và máy nén

Máy thủy khí là thiết bị dùng để trao đổi năng lượng với chất đi qua nó theo các nguyên lý thủy lực học nói riêng và cơ học chất lỏng nói chung. Ví dụ: bơm dùng cơ năng của động cơ để vận chuyển chất lỏng, Tuabin nhận năng lượng của dòng nước để biến thành cơ năng kéo các máy làm việc. Ngày nay máy thủy khí dùng rất phổ biến trong nhiều lĩnh vực sản xuất cũng như trong sinh hoạt.

1.1. Bơm:

Là máy dùng để vận chuyển và tăng năng lượng của dòng môi chất (ở dạng lỏng). Khi bơm làm việc, năng lượng bơm nhận được từ động cơ sẽ chuyển thành thế năng, động năng và trong 1 chừng mực nhất định thành nhiệt năng của dòng môi chất. Máy để bơm chất khí, tùy thuộc vào áp suất đạt được gọi là quạt, máy hút khí và máy nén khí.

1.2. Quạt:

Là thiết bị di chuyển chất khí với cơ số tăng áp $\varepsilon < 1.15$ (ε : tỷ số giữa áp suất cửa ra và áp suất cửa vào của máy) hay áp suất đạt được $p < 1500\text{mm H}_2\text{O}$.

Máy hút khí: Là máy làm việc với $\varepsilon > 1.15$ hay $p > 1500\text{mm H}_2\text{O}$ nhưng không làm lạnh nhân tạo.

1.3. Máy nén:

Là máy làm việc với $\varepsilon > 1.15$ hay $p > 1500\text{mm H}_2\text{O}$ có làm lạnh nhân tạo ở nơi xảy ra quá trình nén khí.

2. PHÂN LOẠI:

Mục tiêu: Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về cách phân loại bơm quạt máy nén.

2.1. **Bơm:** Có 3 loại:

- * Bơm cánh dẫn:
 - Bơm ly tâm
 - Bơm hướng trục
 - Bơm hướng chéo
 - Bơm xoáy
- * Bơm thể tích:
 - Bơm piston
 - Bơm rôto
 - Bơm piston – roto

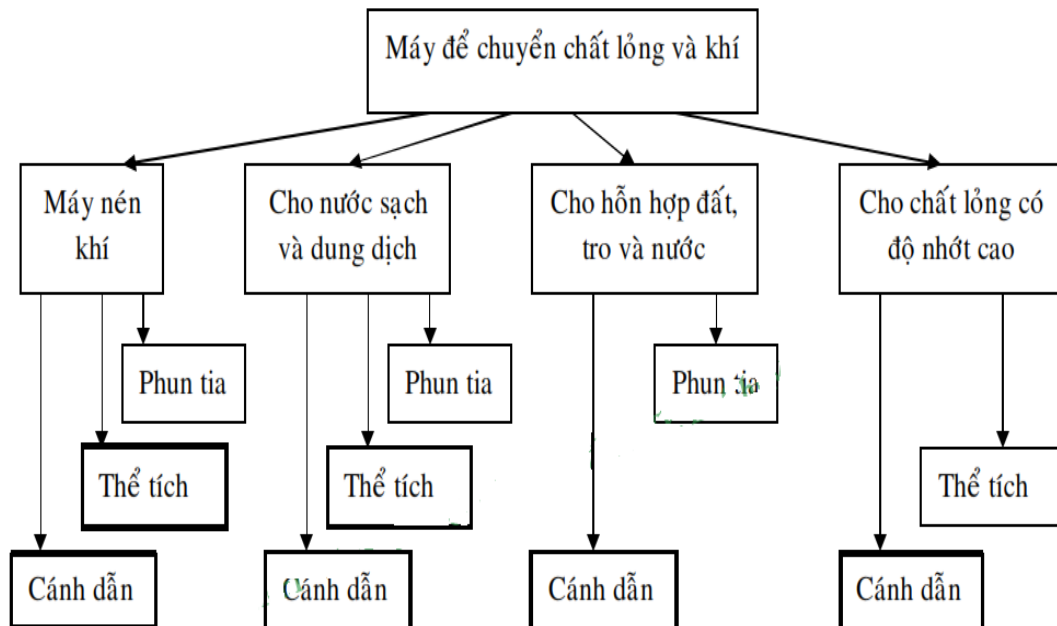
* Bơm phun tia

2.2. **Quạt:** Chỉ có loại cánh dẫn:

- * Quạt ly tâm
- * Quạt hướng trục

2.3. **Máy nén:** Có 3 loại:

- * Máy nén cánh dẫn:
 - Máy nén ly tâm
 - Máy nén hướng trục
- * Máy nén thể tích:
 - Máy nén piston
 - Máy nén rôto
- * Máy nén phun tia

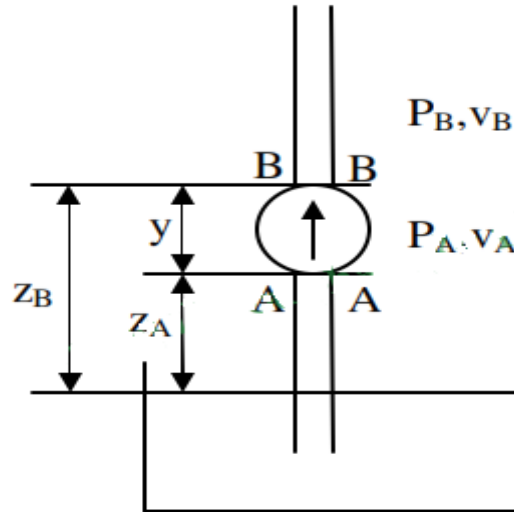


3. CÁC THÔNG SỐ CHÍNH CỦA MÁY THỦY KHÍ:

Mục tiêu:

Cung cấp cho học sinh sinh viên kiến thức về các thông số cơ bản của máy thủy lực như: cột áp, lưu lượng, công suất và hiệu suất của máy .

3.1. Cột áp:



Khả năng trao đổi năng lượng của máy thủy khí với dòng môi chất được thể hiện bằng mức chênh lệch năng lượng đơn vị của dòng môi chất ở 2 mặt trước và sau của máy:

- Năng lượng đơn vị tại mặt cắt A - A:

$$e_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$$

- Năng lượng đơn vị tại mặt cắt B - B:

$$e_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$$

Trong đó:

z : độ cao hình học.

p, v : áp suất và vận tốc của dòng chảy.

α : hệ số hiệu chỉnh động năng.

Chênh lệch năng lượng đơn vị của dòng môi chất qua máy thủy khí giữa A và B
Từ phương trình Bernoulli qua hai mặt cắt (A - A) & (B - B) ta suy ra:

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

Nếu $H > 0$ dòng môi chất được máy cấp cho năng lượng, vậy máy là bơm (chất lỏng hoặc khí).

Nếu $H < 0$ máy được dòng môi chất cấp cho năng lượng, vậy máy là động cơ thủy khí.

Ta lại có: thành phần thế năng đơn vị; gọi là cột áp tĩnh H_t

$$H_t = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma}$$

Thành phần động năng đơn vị; gọi là cột áp động H_d

$$H_d = \frac{\alpha_2 v_2^2 - \alpha_1 v_1^2}{2g}$$

Vậy $H = H_t + H_d$

3.2. Lưu lượng:

Lưu lượng là lượng môi chất chuyển động qua máy trong một đơn vị thời gian. Ta có 3 loại lưu lượng chính:

- Lưu lượng thể tích: Q (m^3/s), (m^3/h), (l/s)
- Lưu lượng khối lượng: $M = \rho \cdot Q$ (kg/s), (kg/h)
- Lưu lượng trọng lượng: $G = \gamma \cdot Q = \rho g Q = gM$ (N/s), (N/h), (kg/s)

3.3. Công suất – Hiệu suất:

3.3.1. Công suất thủy lực:

- N_{tl} (W): Cơ năng dòng chất lỏng trao đổi với máy thủy lực trong 1 đơn vị thời gian. Công suất thủy lực được tính bằng tích của cột áp với lưu lượng trọng lượng của máy.

$$N_{tl} = GH = \gamma QH$$

Trong đó H : Cột áp (m)

Q : Lưu lượng (m^3/s)

γ : Trọng lượng riêng (N/m^3)

3.3.2. Công suất làm việc:

- N (W) là công suất trên trục của máy khi làm việc. Công suất thủy lực khác công suất trên trục. Quá trình làm việc trong máy càng hoàn thiện thì N và N_{tl} càng ít khác nhau:

- Đối với bơm: $N > N_{tl}$

$$N = \frac{N_{tl}}{\eta} = \frac{\gamma QH}{\eta}$$

$\eta < 1$: Hiệu suất của bơm

- Đối với động cơ: $N < N_{tl}$

$$N = \eta \cdot N_{dl} = \eta \gamma Q H$$

$\eta < 1$: Hiệu suất của động cơ thủy lực.

3.3.3. Hiệu suất của máy thủy lực:

- η (% , không đơn vị): Đánh giá tổn thất năng lượng trong quá trình máy trao đổi năng lượng với dòng môi chất.

$$\eta_B = \frac{N_{tl}}{\eta}, \eta_D = \frac{N}{N_{tl}}$$

Trong điều kiện làm việc, các hiệu suất phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố: loại máy, kích thước và cấu tạo của máy, loại môi chất chuyển động trong máy, chế độ làm việc của máy, các đặc tính của mạng mà máy làm việc trong đó.

Để đánh giá hiệu năng lượng của hệ thống chung gồm có máy và động cơ của nó người ta sử dụng hiệu suất của hệ thống η_{ht} .

$$\eta_{ht} = \frac{N_{tl}}{N_{DD}}$$

Trong đó N_{DD} công suất điện để khởi động động cơ.

Để tính hiệu suất chung của máy thủy lực người ta đánh giá thông qua các dạng tổn thất.

Tổn thất năng lượng trong máy thủy lực: Có 3 dạng:

- Tổn thất thủy lực: Tổn thất cột áp của dòng môi chất chảy qua máy được đánh giá bằng η_H

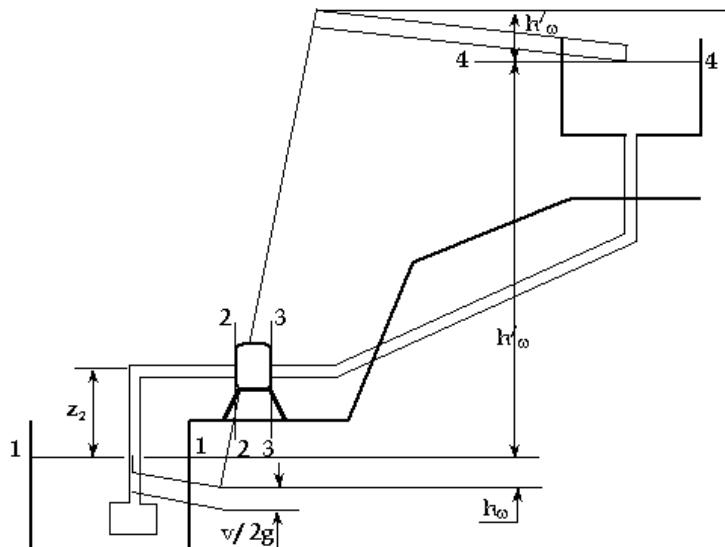
- Tổn thất cơ khí: Tổn thất do ma sát của các bộ phận cơ khí trong máy thủy lực được đánh giá bằng η_{ck}

- Tổn thất lưu lượng: Tổn thất do rò rỉ môi chất làm giảm lưu lượng của máy được đánh giá bằng η_Q

Hiệu suất chung của máy thủy lực là:

$$\eta = \eta_H \cdot \eta_{ck} \cdot \eta_Q$$

3.4. Bài tập:



Máy bơm lấy nước từ giếng cung cấp cho tháp chứa để phân phối cho một vùng dân cư:

Cho biết :

- Cao trình mực nước trong giếng : $z_1 = 0.0\text{m}$
- Cao trình mực nước ở tháp chứa nước $z_2 = 26.43\text{m}$
- Ống hút: dài $L = 10\text{m}$, đường kính ống $d = 250\text{mm}$, các hệ số sức cản cục bộ: chỗ vào có lưới chắn rác ($\xi_{vào} = 6$) một chỗ uốn cong ($\xi_{uốn} = 0.294$), $n = 0.013$ (ống nằm ngang bình thường)

- Ống đẩy : $L = 35\text{m}$; $d = 200\text{mm}$; $n = 0.013$; không tính tổn thất cục bộ.
- Máy bơm ly tâm: lưu lượng $Q = 65\text{L/s}$; hiệu suất $\eta = 0.65$; độ cao chân không cho phép ở chỗ máy bơm $[h_{ck}] = 6\text{m}$ cột nước.

Yêu cầu:

1. Xác định độ cao đặt máy bơm.
2. Tính cột nước H của máy bơm.
3. Tính công suất N mà máy bơm tiêu thụ.

Xem dòng chảy trong các ống thuộc khu sức cản bình phương.

Giải:

1. Xác định độ cao đặt máy bơm:

Máy bơm chỉ được đặt cách mặt nước trong giếng một khoảng h_b nào đó không quá lớn để cho áp suất tuyệt đối ở mặt cắt 2 - 2 không quá bé một giới hạn xác định, tức áp suất chân không tại đây không vượt quá trị số cho phép $[p_{ck}] = \gamma [h_{ck}]$. Mà theo đề thì $[h_{ck}] = 6\text{m}$ cột nước $\Rightarrow [p_{ck}] = 0,6\text{at}$.

Viết phương trình Bernouly cho mặt cắt 1 - 1 & 2 - 2, lấy 1-1 làm chuẩn ta có:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2} + h_{\omega_h} \quad (*)$$

$$\text{Trong đó : } \begin{cases} z_1 = H & ; & z_2 = h_b \\ \text{Chọn } \alpha_1 = \alpha_2 = 1 \\ p_1 = p_a & p_2 = p_{t_2} \\ v_1 \approx 0 \end{cases} \text{ và } h_{\omega_h} : \text{ là tổng tổn thất cột nước trong ống hút.}$$

Thay vào (*) ta được:

$$\frac{p_a}{\gamma} = h_b + \frac{p_{t_2}}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{\omega_h} \Rightarrow h_{ck} = h_b + \frac{v_2^2}{2g} + h_{\omega_h} \quad \text{Vì : } h_{ck} = \frac{p_a - p_{t_2}}{\gamma}$$

Theo đề : $h_{ck} \leq [h_{ck}] = 6\text{m}$ cột nước $\Rightarrow h_b \leq [h_{ck}] - \frac{v_2^2}{2g} + h_{\omega_h}$

$$\text{Ta có : } h_{\omega_h} = h_d + h_{c_{vao}} + h_{c_{uon}} = \left(\lambda \frac{L_h}{d} + \xi_{vao} + \xi_{uon} \right) \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Tính } \lambda \text{ theo công thức } \lambda = \frac{8g}{C^2}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \text{ Với } R = \frac{d}{4} = \frac{0,25}{4} = 0,0625m \Rightarrow C = \frac{1}{0,013} (0,0625)^{\frac{1}{6}} = 50,4 (\sqrt{m}/s)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{8g}{C^2} = \frac{8 \cdot 9,81}{50,4^2} = 0,03085 \Rightarrow \lambda \frac{L_h}{d} = 0,03085 \frac{10}{0,25} = 1,234$$

Lưu tốc trong ống hút là:

$$Q = v \cdot A \Rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{4}{\pi d^2} \cdot Q = \frac{4 \cdot 0,065}{3,14 \cdot 0,25^2} = 1,324 (m/s)$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{2g} = \frac{1,324^2}{2 \cdot 9,81} = 0,09 (m)$$

$$h_{b_{\max}} = 6 - (1 + 1,234 + 6 + 0,294) \cdot 0,09 = 6 - 0,77 = 5,23m$$

$$\text{Vậy : } \Rightarrow h_b < 5,23m$$

2. Tính cột nước H của máy bơm:

Là tỉ năng mà bơm phải cung cấp cho chất lỏng khi đi qua nó, được biểu diễn bằng cột nước H (M cột nước).

$$\text{Ta có : } H = H_0 + h_{w_d} + h_{w_h}$$

Trong đó:

H_0 : là độ chênh lệch địa hình, tức là độ cao mà máy bơm phải đưa nước lên.

h_{w_d} : tổn thất cột nước trong ống hút.

h_{w_h} : tổn thất cột nước trong ống đẩy.

$$H_0 = Z_2 - Z_1 = 26,43 - 0,00 = 26,43m$$

$$h_{w_d} = \left(\lambda \frac{L_d}{d} + \xi_{vao} + \xi_{uon} \right) \frac{v_d^2}{2g} = (1,234 + 6 + 0,294) \cdot 0,09 = 0,68m$$

$$h_{w_h} = \lambda \frac{L_h}{d} \cdot \frac{v_d^2}{2g}$$

Với V_d là lưu tốc trung bình trong ống đẩy:

$$V_d = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,065}{3,14 \cdot 0,2^2} = 2,07 (m/s) \quad \frac{V_d^2}{2g} = \frac{2,07^2}{2 \cdot 9,81} = 0,22m$$

$$\text{Với } R = \frac{d}{2} = \frac{0,2}{4} = 0,05 \text{ (m)} \quad \Rightarrow C = \frac{1}{0,013} (0,05)^{\frac{1}{6}} = 48,7 \text{ (}\sqrt{\text{m}}/\text{s)}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{8g}{C^2} = \frac{8 \cdot 9,81}{48,7^2} = 0,033 \quad \Rightarrow \lambda \frac{L_d}{d} = 0,033 \frac{35}{0,25} = 5,78$$

$$\Rightarrow h_{w_h} = \lambda \frac{L_h}{d} \cdot \frac{v_d^2}{2g} = 5,78 \cdot 0,22 = 1,27 \text{ (m)}$$

Vậy cột nước của máy bơm là:

$$H = H_0 + h_{w_d} + h_{w_h} = 26,43 + 0,68 + 1,27 = 28,4 \text{ (m) cột nước.}$$

3. Tính công suất N mà máy bơm tiêu thụ:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{9810 \cdot 0,065 \cdot 28,4}{0,65} = 27860 \text{ (w)}$$

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Thị Thanh Tâm – THỦY KHÍ VÀ KỸ THUẬT MÁY BƠM – Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh, 2005.
- [2] Nguyễn Hữu Thành – CƠ HỌC CHẤT LƯU – NXB KHKT, 2000
- [3] Huỳnh Văn Hoàng– GIÁO TRÌNH THỦY KHÍ KỸ THUẬT ỨNG DỤNG – Tài liệu mạng