

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH

Bùi Thanh Nhu, Lê Quý Chiến



GIÁO TRÌNH
TRUYỀN ĐỘNG THỦY LỰC
DÙNG CHO BẠC ĐẠI HỌC
(LƯU HÀNH NỘI BỘ)

QUẢNG NINH - 2017

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Truyền động thuỷ lực do ThS. Bùi Thanh Nhu và ThS. Lê Quý Chiến biên soạn, dùng làm tài liệu học tập cho sinh viên Đại học hệ chính quy, ngành Công nghệ Cơ điện mỏ và làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành khác tại trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh.

Giáo trình gồm 5 chương, trình bày lý thuyết cơ bản về thuỷ lực học và truyền động thuỷ lực.

Chương 1. Thuỷ tĩnh học

Chương 2. Thuỷ động lực học

Chương 3. Khái niệm chung về truyền động thuỷ lực

Chương 4. Truyền động thuỷ tĩnh

Chương 5. Truyền động thuỷ động

Để củng cố kiến thức cho sinh viên, sau mỗi chương có một số bài tập tiêu biểu giải mẫu và một số bài tập cho sinh viên tự giải để nâng cao kỹ năng tính toán thuỷ lực và truyền động thuỷ lực.

Ở cuối giáo trình có đưa bảng các đơn vị thường dùng trong thuỷ lực và truyền động thuỷ lực, các bảng tra cứu, các đồ thị thuỷ lực để sinh viên tham khảo trong học tập, đồng thời sử dụng trong tính toán và thiết kế lắp đặt.

Các tác giả hết sức vui mừng và chân thành cảm ơn Ban giám hiệu Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh, lãnh đạo khoa Điện, cùng các phòng khoa nghiệp vụ và các bạn đồng nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ động viên để hoàn thành tốt cuốn sách này.

Trong quá trình biên soạn, các tác giả đã cố gắng bám sát đề cương chương trình môn học đã được phê duyệt của Bộ giáo dục và Đào tạo, kết hợp với kinh nghiệm giảng dạy môn học này trong nhiều năm, đồng thời có chú ý đến đặc thù đào tạo ngành Công nghệ Cơ điện mỏ của khoa và nhà trường.

Do trình độ và kinh nghiệm còn hạn chế nên chắc chắn rằng cuốn sách không tránh khỏi thiếu sót. Rất mong bạn đọc góp ý xây dựng để nâng cao chất lượng giáo trình này.

Quảng Ninh, tháng 04 năm 2015

Các tác giả

PHẦN 1

KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ THỦY LỰC

Chương 1. THỦY TÍNH HỌC

1.1. Khái niệm về chất lỏng

1.1.1. Định nghĩa về “Thủy lực”

Thủy lực là một môn khoa học ứng dụng nghiên cứu những quy luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng và những biện pháp áp dụng những qui luật này. Phương pháp nghiên cứu của môn thủy lực hiện đại là kết hợp chặt chẽ sự phân tích lý luận với sự phân tích tài liệu thí nghiệm, thực đo, nhằm đạt tới những kết quả cụ thể để giải quyết những vấn đề thực tế trong kỹ thuật. Những kết quả nghiên cứu của môn thủy lực có thể có tính chất lý luận hoặc nửa lý luận nửa thực nghiệm, hoặc hoàn toàn thực nghiệm.

Cơ sở của môn thủy lực là cơ học chất lỏng lý thuyết, môn này cũng nghiên cứu những qui luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng, nhưng phương pháp chủ yếu của việc nghiên cứu sử dụng công cụ toán học phức tạp. Vì vậy, môn thủy lực còn được gọi là môn cơ học chất lỏng ứng dụng hoặc cơ học chất lỏng kỹ thuật.

Kiến thức về khoa học thủy lực rất cần cho người cán bộ kỹ thuật ở nhiều ngành sản xuất vì thường phải giải quyết nhiều vấn đề kỹ thuật có liên quan đến sự cân bằng và chuyển động của chất lỏng, đặc biệt là sự cần thiết của nước. Những ngành thủy lợi, giao thông đường thủy, cầu đường, cấp thoát nước, dầu khí, khai thác mỏ, hàng hải, hàng không, chế tạo máy đến ngành khoa học vũ trụ... cần nhiều áp dụng nhất về khoa học thủy lực, thí dụ để giải quyết các công trình đập, đê, kênh, cống, nhà máy thủy điện, tước bin, các công trình đường thủy, nắn dòng sông, các hệ thống dẫn tháo nước, cấp thoát nước trong khai thác v.v...

1.1.2. Khoa học thủy lực ở Việt Nam

Ở Việt Nam ông cha chúng ta đã biết lợi dụng nước để phục vụ nông nghiệp kể từ các thời đại đồ đá cũ (30 vạn năm về trước), đồ đá giữa (1 vạn năm), đồ đá mới (5000 năm), rồi đến thời đại đồ đồng (4000 năm - Hùng Vương dựng nước). Từ đầu công nguyên trở đi (thời kỳ đồ sắt phát đạt) công trình thủy lợi vẫn tiếp tục phát triển, hệ thống đê điều đã dần dần hình thành dọc những sông lớn ở đồng bằng Bắc bộ, nhiều kênh ngòi được đào thêm hoặc được nạo vét lại.

Theo “Cương mục chính biên” năm 983 thời Lê Hoàn, đã đào sông từ núi Đồng Cổ (Yên Định - Thanh Hóa) đến sông Bà Hòa (Tĩnh Gia- Thanh Hóa), thuyền bè đi lại tiện lợi..

Vào đời Lý (thế kỷ XI), nhiều đoạn đê quan trọng dọc theo những sông ngòi lớn ở vùng đồng bằng đã được đắp, trong đó quan trọng nhất là đê Cơ xá (đê Sông Hồng, vùng Thăng Long) được đắp vào mùa xuân 1168. Một số kênh ngòi, nhất là vùng Thanh Hóa, được tiếp tục đào và khơi sâu thêm. Nền nông nghiệp nước ta ở vùng đồng bằng thường bị ngập lụt và hạn hán đe dọa, những công trình thủy lợi trên đã tạo ra những điều kiện quan trọng để phát triển nông nghiệp.

Sang đời Trần (thế kỷ XIII) công việc đắp đê phòng lụt được tiến hành hàng năm và với quy mô lớn. Năm 1248, thời Trần thái Tông, đã đắp đê từ đầu nguồn đến bờ biển gọi là đê Quai Vạc. Hệ thống đê điều dọc các sông lớn ở đồng bằng Bắc Bộ đến thời Trần

về cơ bản đã được xây dựng và hàng năm tu bổ, vấn đề xây dựng và bảo vệ đê điều trở thành một chức năng quan trọng của chính quyền và là nhiệm vụ của toàn dân.

Đền đời Lê (thế kỷ XV), rất coi trọng việc tu bổ, kiểm tra đê điều. Thời Lê Sơ, đã khôi phục được nhiều công trình, năm 1438 khơi lại kênh ở Trường An, Thanh Hóa, Nghệ An năm 1445, Nhân Tông khơi Bình Lỗ (huyện Kim Anh- Vĩnh Phúc) thông suốt đến Bình Than. Năm 1467 các đê ngăn nước mặn vùng Nam Sách, Giáp Sơn, Thái Bình được bồi đắp lại, ngoài ra đã đào nhiều kênh mương để phục vụ nông nghiệp và để vận tải tiện lợi. Di tích những đoạn đê nước mặn vẫn còn đến nay, nhân dân thường gọi là “đê Hồng Đức” (niên hiệu của Lê Thánh Tông). ở Thanh Hóa nhiều sông đào được khai thác từ thế kỷ XV, đến nay còn mang tên là “sông nhà Lê”.

Từ thế kỷ XVI, chế độ quân chủ chuyên chế và những hậu quả do nó gây ra - cát cứ và nội chiến - đã cản trở sự phát triển của sức sản xuất. Tuy nhiên nhân dân không ngừng đấu tranh để bảo vệ làng xóm quê hương, bảo vệ cuộc sống của mình. Sang thế kỷ XVIII giai cấp phong kiến bước vào giai đoạn khủng hoảng sâu sắc về toàn diện, nông nghiệp đình đốn ở Đàng ngoài và cả ở Đàng trong. Dưới triều Nguyễn (thế kỷ XIX) kinh tế nông nghiệp cũng càng ngày càng sa sút, triều Nguyễn bất lực trong việc chăm lo, bảo vệ đê điều và các công trình thủy lợi, nên những nạn đê vỡ, lụt lội xảy ra liên tiếp. Riêng đê Sông Hồng ở Khoái Châu (Hưng Yên) đời Tự Đức bị vỡ “10 năm liền” dân nghèo phải bỏ làng, phiêu bạt xứ sở.

Tình hình nông nghiệp đã buộc nhà Nguyễn phải đề ra chính sách khẩn hoang, bắt đầu từ đầu đời Nguyễn và được đẩy mạnh dưới triều Minh Mệnh. Trong khoảng 1828-1829, với cương vị danh điền sứ, Nguyễn Công Trứ đã đề ra chính sách doanh điền, thực hiện khẩn hoang, theo lối di dân, lập ấp, đã tạo thành 2 huyện Kim Sơn (Ninh Bình) và Tiền Hải (Thái Bình); Ông đã lợi dụng địa hình đê đắp đê và mở mang hệ thống thủy nông một cách hợp lý, khoa học. Do những kết quả đó, chính sách doanh điền được áp dụng ở nhiều nơi nhất là Nam Kỳ.

Sang thời kỳ Pháp thuộc, trong những năm đô hộ, thực dân Pháp đã làm một số ít công trình thủy lợi để phục vụ chính sách bóc lột thuộc địa của chúng, căn bản không có biện pháp hiệu quả để chống hạn, úng, lụt, xói mòn để đảm bảo sản lượng ruộng đất được ổn định và đời sống nhân dân được an toàn.

Sau khi cách mạng tháng 8 năm 1945 thành công, nhất là sau khi kháng chiến chống thực dân Pháp thắng lợi, miền Bắc được giải phóng hoàn toàn, sự nghiệp thủy lợi được phát triển mạnh mẽ.

Công tác thủy lợi là biện pháp hàng đầu đảm bảo cho việc phát triển nhanh và vững chắc của nông nghiệp. Trong hơn 20 năm qua (1954-1975) đã xây dựng được ở miền Bắc một mạng lưới công trình thủy nông, gồm hơn 60 hệ thống thủy nông loại lớn và loại vừa có khả năng tưới nước cho 1 triệu ha và tiêu cho 1,1 triệu ha ruộng đất canh tác. Công tác củng cố bảo vệ đê, phân lũ, làm chậm lũ... đã bảo vệ được sản xuất và an toàn cho nhân dân; nhờ vậy đê Sông Hồng đã chống được lũ lớn năm 1969 vượt mức lũ năm 1945. Nhân dân đã chiến đấu dũng cảm bảo vệ đê chống lại những trận đánh phá đê điều của không quân Mỹ trong những năm chiến tranh chống Mỹ cứu nước. Công trình thủy điện Thác Bà với công suất 108.000 kW và một loạt công trình đầu mối lớn trên sông Đà đang được chuẩn bị xây dựng. Đã xây dựng được một đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật thủy lợi có khả năng thiết kế, thi công và quản lý các công trình tương đối lớn và

một hệ thống các trường Đại học và Viện nghiên cứu, Viện thiết kế phục vụ yêu cầu của sự nghiệp thủy lợi.

Sau khi miền Nam được hoàn toàn giải phóng, công tác thủy lợi ở miền Nam được triển khai mạnh mẽ phục vụ yêu cầu phát triển nông nghiệp và các yêu cầu cải tạo và xây dựng kinh tế và đã đạt được nhiều thành tích to lớn.

Về mặt khoa học thủy lực, môn thủy lực đã được giảng dạy thành môn cơ sở kỹ thuật trong các trường kỹ thuật ở nước ta, đã hình thành một số phòng thí nghiệm thủy lực, đã nghiên cứu giải quyết một số vấn đề thủy lực, như những vấn đề về tính toán dòng không ổn định trong việc tính lũ, triều, những vấn đề về thủy lực công trình, về chuyển động của bùn cát, về dòng thấm, về các máy thủy lực v.v...

Trong giai đoạn mới, nhiệm vụ khai thác mở và chỉnh trị các dòng sông, lợi dụng các nguồn nước để phục vụ các ngành công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải và các nhu cầu khác rất to lớn, nó đòi hỏi khoa học thủy lực ở nước ta phải phát triển mạnh mẽ, nhanh chóng tiếp thu thành tựu hiện đại của thế giới, vận dụng sáng tạo vào điều kiện nước ta, đi sâu nghiên cứu những vấn đề riêng của ta để có đủ khả năng giải quyết nhiều vấn đề thủy lực mới và phức tạp, tiến lên đuổi kịp trình độ các nước tiên tiến, xây dựng nền khoa học thủy lực tiên tiến ở nước ta.

1.1.3. Tính chất vật lý cơ bản của chất lỏng

1.1.3.1. Các tính chất chung của chất lỏng

Chất lỏng được nghiên cứu là loại vật chất có những tính chất chung sau đây:

+ Tính chảy hay tính dễ di động: Chất lỏng có thể di động dưới tác động của một lực bất kỳ, dù lực đó rất nhỏ.

+ Tính liên tục: Chất lỏng được xem như một tập hợp vô số phần tử chiếm đầy miền được nghiên cứu.

+ Tính đẳng hướng: Sự biến đổi của các tính chất vật lý trong môi trường chất lỏng theo mọi phương là như nhau. Ở trạng thái chất lỏng đứng yên, chỉ tồn tại lực pháp tuyến mà không tồn tại lực tiếp tuyến.

1.1.3.2. Các tính chất vật lý cơ bản của chất lỏng

a. Tính chất thứ nhất của chất lỏng, cũng như mọi vật thể là có khối lượng. Tính chất đó được biểu thị bằng khối lượng đơn vị (hoặc khối lượng riêng) ρ . Đối với chất lỏng đồng chất, khối lượng đơn vị ρ bằng tỉ số giữa khối lượng M với thể tích W của khối lượng đó của chất lỏng, tức là:

$$\rho = \frac{M}{W} \quad (1-1)$$

Đơn vị của ρ là kg/m^3 hoặc $\frac{\text{Ns}^2}{\text{m}^4}$. Theo hệ MKS, đơn vị của ρ là $\frac{\text{kGs}^2}{\text{m}^4}$

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

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

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{M \cdot g}{W} \quad (1-2)$$

Thứ nguyên của đơn vị trọng lượng là:

$$[\gamma] = \rho \cdot g = \frac{[Mg]}{[W]} = \frac{F}{L^3}$$

Đơn vị của γ là $\frac{kg}{m^2 s^2}$ hoặc $\frac{N}{m^3}$. Theo hệ MKS, đơn vị của γ là $\frac{kG}{m^3}$.

Đối với nước ở nhiệt độ + 4°C, $\gamma = 9810 \frac{N}{m^3} = 1000 \frac{kG}{m^3}$; với thủy ngân

$$\gamma = 134.000 \frac{N}{m^3} = 136000 \frac{kG}{m^3}.$$

c. Tính chất thứ ba của chất lỏng là tính thay đổi thể tích vì thay đổi áp lực hoặc vì thay đổi nhiệt độ.

Trong trường hợp thay đổi áp lực, ta dùng hệ số có thể tích β_w biểu thị bằng công thức:

$$\beta_w = -\frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dp}; \quad m^2/N \quad (1-3)$$

Thí nghiệm chứng tỏ trong phạm vi áp suất từ 1 đến 500 át-mốt-phe và nhiệt độ từ 0 đến 20°C thì hệ số co thể tích của nước $\beta = 0,00005 \frac{cm^2}{kG} \approx 0$.

Như vậy trong thủy lực, chất lỏng thường coi như không nén được. Đại lượng nghịch đảo của hệ số co thể tích β_w gọi là mô - đun đàn hồi thể tích K.

$$K = \frac{1}{\beta_w} = -W \cdot \frac{dp}{dW}; \quad N/m^2 \quad (1-4)$$

Trong trường hợp thay đổi nhiệt độ, ta dùng hệ số giãn nở vì nhiệt β_t để biểu thị sự biến đổi tương đối của thể tích chất lỏng W ứng với sự tăng nhiệt độ t lên 1°C, hệ số β_t biểu thị bằng công thức.

$$\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt} \quad (1-5)$$

Thí nghiệm chứng tỏ trong điều kiện áp suất không khí thì ứng với t = 4 ~ 10°C

ta có $\beta_t = 0,00014 \left(\frac{1}{t^0} \right)$ và ứng với t = 10 ~ 20°C ta có $\beta_t = 0,00015 \left(\frac{1}{t^0} \right)$.

Như vậy, trong thủy lực chất lỏng có thể coi như không co giãn dưới tác dụng của nhiệt độ.

Tóm lại, trong thủy lực, chất lỏng thường được coi là có tính chất không thay đổi thể tích mặc dù có sự thay đổi về áp lực hoặc nhiệt độ. Tính chất này còn thường được thể hiện bằng đặc tính là: mật độ giữ không đổi, tức $\rho = \text{const}$.

d. Tính chất thứ tư của chất lỏng là có sức căng mặt ngoài, tức là có khả năng chịu được ứng suất kéo không lớn lắm tác dụng trên mặt tự do phân chia chất lỏng với chất khí hoặc trên mặt tiếp xúc chất lỏng với chất rắn.

Sự xuất hiện sức căng mặt ngoài được giải thích là để cân bằng với sức hút phân tử của chất lỏng tại vùng lân cận mặt tự do, vì ở vùng này sức hút giữa các phân tử chất lỏng không đối một cân bằng nhau như ở vùng xa mặt tự do, và làm cho mặt tự do có một độ

cong nhất định. Do sức căng mặt ngoài mà giọt nước có dạng hình cầu. Trong ống có đường kính khá nhỏ cắm vào chậu nước, có hiện tượng mức nước trong ống dâng cao hơn mặt nước tự do ngoài chậu; nếu chất lỏng là thủy ngân thì lại có hiện tượng mặt tự do trong ống hạ thấp hơn mặt thủy ngân ngoài chậu, đó là hiện tượng mao dẫn, do tác dụng của sức căng mặt ngoài gây nên; mặt tự do của chất lỏng trong trường hợp đầu là mặt lõm, trong trường hợp sau là mặt lồi.

Sức căng mặt ngoài đặc trưng bởi hệ số sức căng mặt ngoài σ , biểu thị sức kéo tính trên một đơn vị dài của “đường tiếp xúc”. Hệ số σ phụ thuộc loại chất lỏng và nhiệt độ. Trong trường hợp nước tiếp xúc với không khí ở 20°C ta thấy $\sigma = 0,0726 \text{ N/m} = 0,0074 \text{ kG/m}$. Nhiệt độ tăng lên, σ giảm đi. Đối với thủy ngân cũng trong những điều kiện trên, ta có $\sigma = 0,540 \text{ N/m}$, tức là gần bằng 7,5 lần lớn hơn đối với nước.

Trong đa số hiện tượng thủy lực ta có thể bỏ đi không cần xét đến ảnh hưởng của sức căng mặt ngoài vì trị số rất nhỏ so với những lực khác. Thường phải tính sức căng mặt ngoài trong trường hợp có hiện tượng mao dẫn, thí dụ trong trường hợp dòng thấm dưới đất. Đối với nước ở nhiệt độ 20°C , độ dâng cao h (mm) trong ống thủy tinh có đường kính d (mm) là:

$$h_d = 30 \text{ mm}^2$$

Đối với thủy ngân, độ hạ thấp h (mm) trong ống thủy tinh đường kính d (mm) tính là:

$$h_d = 10,15 \text{ mm}^2$$

e. Tính chất thứ năm của chất lỏng là có tính nhớt.

Trong thủy lực tính nhớt rất quan trọng, vì nó là nguyên nhân sinh ra sự tổn thất năng lượng khi chất lỏng chuyển động. Sau đây chúng ta nghiên cứu kỹ tính chất này.

Khi các lớp chất lỏng chuyển động, giữa chúng có sự chuyển động tương đối và nảy sinh ra tác dụng lồi đi, kéo lại hoặc nói cách khác, giữa chúng nảy sinh ra lực ma sát tạo nên sự chuyển biến một phần năng lượng của chất lỏng biến thành nhiệt năng mất đi không lấy lại được. Lực ma sát này gọi là lực ma sát trong (hoặc nội ma sát) vì nó xuất hiện trong nội bộ chất lỏng chuyển động.

Tính chất nảy sinh ra lực ma sát trong hoặc nói một cách khác, tính chất nảy sinh ra ứng suất giữa các lớp chất lỏng chuyển động gọi là tính nhớt của chất lỏng.

Tính nhớt là biểu hiện sức dính phân tử của chất lỏng, khi nhiệt độ tăng cao, mỗi phân tử giao động mạnh hơn xung quanh vị trí trung bình của phân tử; do đó sức dính phân tử kém đi và độ nhớt của chất lỏng giảm đi. Mọi chất lỏng đều có tính nhớt.

Như vậy khái niệm về tính nhớt liên quan chặt chẽ đến khái niệm về ma sát trong. Nhờ định luật ma sát trong mà người ta đã xác định đại lượng đặc trưng cho tính nhớt của chất lỏng.

Năm 1686, I. Niu-tơn đã nêu ra giả thuyết về quy luật ma sát trong, tức ma sát của chất lỏng (chú ý rằng định luật ma sát của chất rắn, tức ma sát ngoài là do Cu-lông đề ra, được thuyết minh trong các giáo trình cơ học lý thuyết) và sau đó đã được nhiều thí nghiệm xác nhận là đúng: “Lực ma sát giữa các lớp của chất lỏng chuyển động thì tỷ lệ với diện tích tiếp xúc của các lớp ấy, không phụ thuộc áp lực, phụ thuộc gradien vận tốc theo chiều thẳng góc với phương chuyển động, phụ thuộc loại chất lỏng”. Định luật ma sát trong của Niu-tơn viết dưới biểu thức:

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

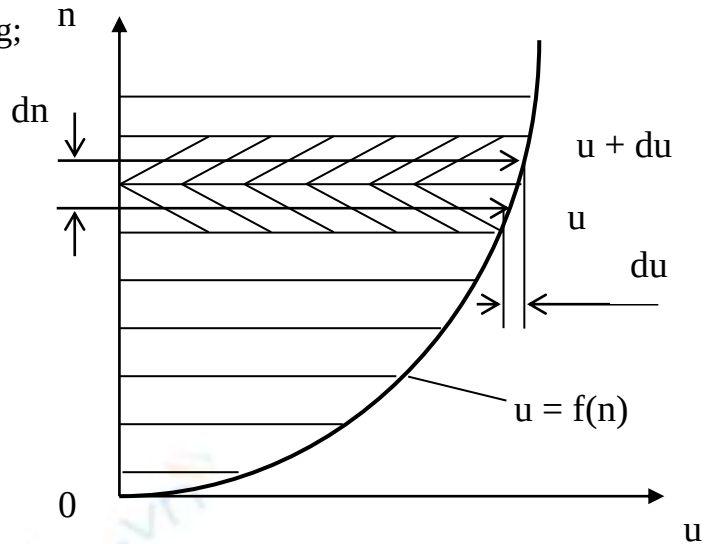
Trong đó : (Hình 1-1)

F - sức ma sát giữa hai lớp chất lỏng;

u - vận tốc điểm của chất lỏng

n - số lớp chất lỏng

S - diện tích tiếp xúc



Hình 1-1. Mối quan hệ u và n

$u = f(n)$ - quy luật phân bố vận tốc theo phương n;

$\frac{du}{dn}$ - gradien vận tốc theo phương n, tức đạo hàm của u đối với n;

μ - hằng số tỉ lệ, phụ thuộc loại chất lỏng, được gọi là hệ số nhớt hoặc hệ số động lực nhớt.

Gọi τ là ứng suất tiếp, $\tau = \frac{F}{S}$, công thức (1-6) có thể viết dưới dạng:

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dn} \quad (1-7)$$

Công thức (1-6) hoặc (1-7) dùng cho chuyển động tầng của chất lỏng (sẽ nói rõ khái niệm chuyển động tầng ở chương 2)

Tính nhớt của chất lỏng được đặc trưng bởi hệ số nhớt μ mà thứ nguyên là:

$$[\mu] = \frac{[F]}{\left[S \frac{du}{dn} \right]}$$

$$\text{Hoặc: } [\mu] = \frac{FT}{L^2} = \frac{M}{LT}$$

Đơn vị đo hệ số nhớt μ trong hệ đo lường hợp pháp là Ns/m^2 hoặc kg/ms ; đơn vị ứng với $\frac{1}{10} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$ gọi là poa-dơ (P).

Tính nhớt còn được đặc trưng bởi hệ số:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-8)$$

Trong đó ρ - khối lượng đơn vị; ν gọi là hệ số động học nhớt; thứ nguyên của ν là:

$$[\nu] = \frac{[\mu]}{[\rho]} \quad \text{hoặc} \quad [\nu] = \frac{L^2}{T}$$

Đơn vị đo hệ số động học nhớt ν trong hệ đo lường hợp pháp là $\frac{m^2}{s}$; đơn vị $\frac{cm^2}{s}$ được gọi là stốc.

Bảng 1-1. hệ số nhớt của một vài chất lỏng.

Tên chất lỏng	t ⁰ C	(Poa -dor)
Dầu xăng thường	18	0,0065
Nước	20	0,0101
Dầu hỏa	18	0,0250
Dầu mỡ nhẹ	18	0,2500
Dầu mỡ nặng	18	0,4000
Dầu tuốc-bin	20	1,5280
Dầu nhờn	20	1,7200
Gli-xê-rin	20	8,7000

Công thức xác định hệ số nhớt có dạng tổng quát là:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + a.t + b.t^2} \quad (1-9)$$

Trong đó: μ_0 - hệ số nhớt với $t = 0^0$

a và b -hằng số, phụ thuộc các loại chất lỏng

Thí dụ đối với nước, hệ số nước có tính theo những số liệu thí nghiệm của Poa-dor:

$$\mu = \frac{0,0178.\rho_0}{1 + 0,0337.t + 0,000221.t^2} ; g / cm.s \quad (1-10)$$

Trong đó:

Bảng 1-2. trị số của hệ số nhớt động học ν của nước, phụ thuộc nhiệt độ.

t ⁰ C	ν , cm ² /s	t ⁰ C	ν , cm ² /s
0	0,0178	20	0,0101
5	0,0152	30	0,0081
10	0,0131	40	0,0066
12	0,0124	50	0,0055
15	0,0114		

Dụng cụ đo nhớt. Trong thực tế, độ nhớt được xác định bởi những dụng cụ đo nhớt, thuộc nhiều loại khác nhau: loại mao dẫn, loại có những hình trụ đồng trục, loại có đĩa giao động tắt dần, loại máy đo đa năng có hiện số v.v...



Hiện nay trong các phòng thí nghiệm thường hay dùng dụng cụ đo nhớt là máy đo đa năng có hiển số (Hình 1-2); Model: LVDV-II+P, là loại máy đo độ nhớt đa năng thông dụng nhất của Brookfield - USA, bao gồm đo độ nhớt liên tục, đo nhiệt độ và hiển thị dữ liệu. Khi được kết nối với máy tính chuyên dụng thì máy có chức năng trao đổi dữ liệu hai chiều.

Tỉ số

$$\frac{T_2}{T_1} = {}^0E \quad (1-11)$$

gọi là độ En-gơ-le.

Hình 1-2. Máy đo độ nhớt

Để đổi thành stốc, có thể dùng công thức kinh nghiệm sau đây:

$$\nu = 0,0731 {}^0E - \frac{0,0631}{{}^0E} \quad \text{cm}^2 / \text{s} \quad (\text{stốc})$$

Ngoài đơn vị Stốc và độ nhớt En-gơ-le, thường còn gặp các đơn vị đo độ nhớt động học khác nhau như:

- Giấy Rét -út (ở Anh), ký hiệu "R;

$$\nu = 0,00260 "R - \frac{1,72}{"R} \quad \text{cm}^2 / \text{s}$$

- Giấy Xê-bôn (ở Mỹ), ký hiệu "S;

$$\nu = 0,00220 "S - \frac{1,80}{"S} \quad \text{cm}^2 / \text{s}$$

Những loại chất lỏng tuân theo định luật ma sát trong của Niu -Tơn biểu thị ở công thức (1-6) hoặc (1-7) gọi là chất lỏng thực hoặc chất lỏng Niu-tơn. Môn thủy lực nghiên cứu chất lỏng Niu-Tơn. Những chất lỏng như chất dẻo, sơn, dầu nhờn, hồ v.v... cũng chảy nhưng không tuân theo định luật ma sát trong của Niu -tơn biểu thị ở công thức (1-6) hoặc (1-7) gọi là chất lỏng phi Niu-Tơn.

Trong việc nghiên cứu, đối với một số vấn đề có thể dùng khái niệm chất lỏng lý tưởng thay thế khái niệm chất lỏng thực. Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng tưởng tượng, hoàn toàn không có tính nhớt tức là hoàn toàn không có nội ma sát khi chuyển động. Khi nghiên cứu chất lỏng ở trạng thái tĩnh thì không cần phải phân biệt chất lỏng thực với chất lỏng lý tưởng. Trái lại khi nghiên cứu chất lỏng chuyển động thì từ chất lỏng lý tưởng sang chất lỏng thực phải tính thêm vào ảnh hưởng của sức ma sát trong, tức là ảnh hưởng của tính nhớt.

Trong những tính chất vật lý cơ bản nói trên của chất lỏng, quan trọng nhất trong môn thủy lực là tính chất có khối lượng, có trọng lượng, có tính nhớt.

1.1.4. Khái niệm về chất lỏng

Việc nghiên cứu môn thủy lực dựa vào khái niệm phần tử chất lỏng. Phần tử chất lỏng được coi là vô cùng nhỏ, tuy nhiên kích thước của nó còn vượt rất xa kích thước của phân tử. Ta giả thiết phần tử chất lỏng là đồng chất, đẳng hướng và liên tục, và không xem xét đến cấu trúc phân tử, chuyển động phân tử ở nội bộ.

Chất lỏng và chất khí khác chất rắn ở chỗ mối liên kết cơ học giữa các phân tử trong chất lỏng và chất khí rất yếu nên chất lỏng và chất khí có tính di động dễ chảy hoặc

nói một cách khác có tính chảy. Tính chảy thể hiện ở chỗ các phân tử trong chất lỏng và chất khí có chuyển động tương đối với nhau khi chất lỏng và chất khí chuyển động, tính chảy còn thể hiện ở chỗ chất lỏng và chất khí không có hình dạng riêng mà có hình dạng của bình chứa chất lỏng, chất khí đứng tĩnh, vì thế chất lỏng và chất khí còn gọi là chất chảy.

Chất lỏng khác chất khí ở chỗ khoảng cách giữa các phân tử trong chất lỏng so với chất khí rất nhỏ nên sinh ra sức dính phân tử rất lớn. Tác dụng của sức dính phân tử này làm cho chất lỏng giữ được thể tích hầu như không thay đổi dù có bị thay đổi về áp lực, nhiệt độ, nói cách khác chất lỏng chống lại được sức nén, không co lại, trong khi chất khí dễ dàng co lại khi bị nén, vì thế người ta cũng thường gọi chất lỏng là chất chảy không nén được và chất khí là chất chảy nén được. Tính chất không nén được của chất lỏng đồng thời cũng là tính không dẫn ra của nó, nếu chất lỏng bị kéo thì khối liên tục của chất lỏng bị phá hoại, trái lại, chất khí có thể dẫn ra chiếm hết được thể tích của bình chứa nó.

Tại mặt tiếp xúc giữa chất lỏng và chất khí, hoặc với chất rắn hoặc với một chất lỏng khác, do lực hút đẩy các phân tử sinh ra sức căng mặt ngoài. Nhờ có sức căng mặt ngoài, một thể tích nhỏ của chất lỏng đặt ở trường trọng lực sẽ có dạng từng hạt, vì vậy chất lỏng còn được gọi là chất chảy dạng hạt - tính chất này không có ở chất khí.

Trong thủy lực, chất lỏng được coi như môi trường liên tục, tức là những phân tử chất lỏng chiếm đầy không gian mà không có chỗ nào trống rỗng. Với giả thiết này, ta có thể coi những đặc trưng cơ bản của chất lỏng như vận tốc, mật độ, áp suất v.v.. là hàm số của tọa độ điểm (phần tử) và thời gian, và trong đa số trường hợp, những hàm số đó được coi là liên tục và khả vi.

Chất lỏng thực là chất lỏng có tính nhớt ($\mu \neq 0$)

Đối với chất lỏng thực có tính nhớt, nên trong quá trình chảy có sự chuyển động tương đối giữa các lớp chất lỏng, sinh ra lực ma sát trong làm cản trở chuyển động. Để khắc phục lực ma sát đó chất lỏng phải tiêu hao một phần năng lượng. “Phần năng lượng tiêu hao đó biến thành nhiệt năng và gọi là tổn thất năng lượng hay tổn thất cột nước của dòng nguyên tố” và kí hiệu: h_w .

Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng tưởng tượng hoàn toàn không có tính nhớt ($\mu = 0$)

Để đơn giản trong vấn đề nghiên cứu, đối với một số trường hợp có thể sử dụng khái niệm chất lỏng lý tưởng để tượng thay cho chất lỏng thực là chất lỏng tưởng tượng hoàn toàn không có tính nhớt, tức là không có nội ma sát khi chuyển động.

Tóm lại: Chất lỏng lý tưởng là chất lỏng không có tính nhớt ($\mu = 0$)

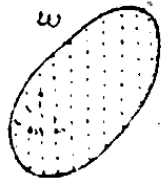
Lưu ý: Khi nghiên cứu chất lỏng ở trạng thái đứng yên thì không cần phải phân biệt

chất lỏng thực và chất lỏng lý tưởng - nhưng khi nghiên cứu chất lỏng chuyển động, thì trước tiên phải nghiên cứu chất lỏng lý tưởng, sau đó chuyển sang chất lỏng thực nhưng phải hiệu chỉnh sự ảnh hưởng của tính nhớt.

1.1.5. Lực tác dụng lên chất lỏng

Muốn giải quyết một bài toán thủy lực, tại một thời điểm cho trước, người ta cô lập bằng trí tưởng tượng tất cả những phần tử chất lỏng bên trong một mặt

kín ω (h.1-3). Tất cả những lực tác dụng lên những phần tử ở bên trong ω chia thành hai loại sau đây.



Hình 1-3. Giới hạn một mặt kín chất lỏng

- Những lực trong (nội lực): những phần tử ở bên trong ω tác dụng lên nhau những lực trong đội một cân bằng nhau (theo nguyên lý tác dụng và phản tác dụng), những lực đó tạo thành một hệ lực cân bằng. Ví dụ: lực ma sát trong, áp lực trong nội bộ thể tích giới hạn bởi mặt ω .

- Những lực ngoài (ngoại lực).

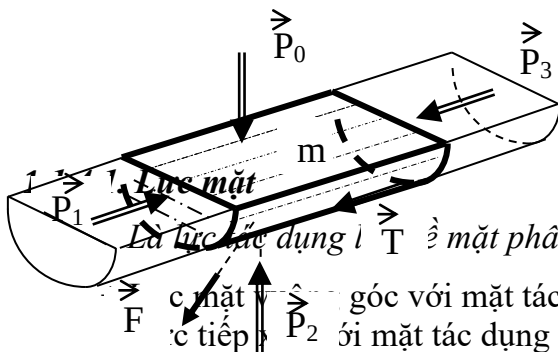
Những phần tử ở ngoài mặt ω tác dụng lên những phần tử ở trong mặt ω gọi là những lực ngoài. Vì những tác dụng này đều hạn chế vào những phần tử ở ngay sát mặt ω , người ta giả thiết rằng những lực đó chỉ tác dụng lên những phần tử của mặt ω và người ta gọi chúng là những lực mặt (những lực này tỉ lệ với những yếu tố diện tích).

Những trường lực (trọng lực, từ trường, điện trường v.v...) có những tác dụng lên những phần tử ở trong mặt ω , tỉ lệ với những yếu tố thể tích. Đó là những lực thể tích hoặc còn gọi là lực khối. Chúng ta thường chỉ xét những lực thể tích là trọng lực, lực quán tính.

Tóm lại: tất cả các lực tác dụng lên chất lỏng có thể chia thành lực khối và lực mặt.

Ta cho khối chất lỏng m được phân cách với vật rắn, với chất khí hoặc khối lỏng bao quanh bằng một mặt kín. Khối lỏng này chịu tác dụng của hệ lực gồm hai loại:

- Lực mặt;
- Lực khối.



Hình 1-4. khối lỏng m được phân cách với vật rắn

Là lực tác dụng lên mỗi phần tử chất lỏng và tỉ lệ với khối lượng.

Ví dụ: Trọng lực G , lực quán tính F_{qt} , lực li tâm...
Ngoài ra còn xét đến lực mặt đơn vị và lực khối đơn vị.

1.1.4.2. Lực khối

Là lực tác dụng lên mỗi phần tử chất lỏng và tỉ lệ với khối lượng.

Ví dụ: Trọng lực G , lực quán tính F_{qt} , lực li tâm...

Ngoài ra còn xét đến lực mặt đơn vị và lực khối đơn vị.

1.2. Áp suất thủy tĩnh

Thủy tĩnh học nghiên cứu chất lỏng ở trạng thái *đứng yên*. Vì vậy: trong chất lỏng không có tác động của *tính nhớt*. Do đó, những kết luận về thủy tĩnh đều đúng cho chất lỏng lý tưởng và thực tế. Có hai trạng thái tĩnh (đứng yên):

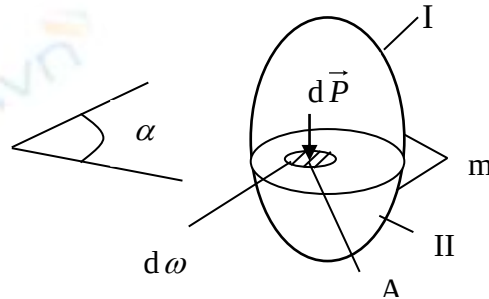
+ *Chất lỏng đứng yên tuyệt đối*: Là trường hợp mà lực khối tác dụng lên chất lỏng chỉ là trọng lực và chất lỏng gọi là chất lỏng trọng lực. (Trường hợp bình chứa đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều).

+ *Chất lỏng đứng yên tương đối*: Là trường hợp mà lực khối tác dụng lên chất lỏng, ngoài trọng lực còn có các lực khác. như là lực quán tính khi vận chuyển chất lỏng hay lực ly tâm khi chất lỏng chuyển động quay.

Yếu tố thủy lực cơ bản của chất lỏng đứng yên là *áp suất thủy tĩnh*.

1.2.1. Định nghĩa (Hình 1-5)

Trong khối chất lỏng đứng yên ta tách và lấy ra một khối chất lỏng m . Ta cắt m bằng mặt cắt α và bỏ phần I đi thì khi đó trên diện tích phân tố mặt cắt $d\omega$ của nửa II có lực mặt $d\vec{P}$ của nửa I tác động lên. Khi $d\omega$ tiến tới điểm A.



Hình 1-5. khối chất lỏng m đặt cân bằng

Thì: tỷ số $\frac{d\vec{P}}{d\omega} = \vec{p}$ (vì $d\omega$ cực nhỏ $d\omega \rightarrow 0$; $p \rightarrow A$) hay $\frac{\vec{P}}{\omega} = p$ (1-12)

Trong thủy lực, p - Được gọi là áp suất của chất lỏng trên $d\omega$ (hay *áp suất thủy tĩnh*); $\vec{P}$ - Được gọi là áp lực thủy tĩnh; ω - gọi là mặt chịu lực.

Vậy: *Áp suất thủy tĩnh tại điểm A nó chính là ứng suất pháp của chất lỏng tại điểm đó* (hay áp suất thủy tĩnh p là ứng suất tác dụng lên một phân tố diện tích trong nội bộ môi trường chất lỏng).

Áp lực thủy tĩnh có đơn vị: N (Niu ton); Áp suất thủy tĩnh có đơn vị: N/m^2 hoặc P_a (Pascan)

Trong kỹ thuật, đơn vị đo áp suất thường được đo bằng at (áp - mốt - phe):

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2.$$

Trong thủy lực áp suất còn có thể biểu thị bằng chiều cao cột nước (mH_2O).

Quan hệ giữa các đơn vị đo áp suất: $1 P_a = 1 N/m^2$

$$1 \text{ at} = 9,81 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2; 1 \text{ at} = 98.100 \text{ N/m}^2 \approx 10^5 \text{ N/m}^2.$$

1.2.2. Hai tính chất cơ bản của áp suất thủy tĩnh

1.2.2.1. Tính chất 1

Áp suất thủy tĩnh luôn tác dụng thẳng góc với diện tích chịu lực và hướng vào mặt chịu lực.

1.2.2.2. Tính chất 2

Áp suất thủy tĩnh tại một điểm theo mọi phương có trị số đều bằng nhau.

Chứng minh 1: (hình 1-6 a, b)

Giả sử, áp suất thủy tĩnh ở điểm 0 (hình 1-6 a) tác dụng theo hướng bất kỳ, thì áp suất có thể chia ra làm 2 thành phần p_n tác dụng theo phương thẳng đứng, còn τ tác dụng theo phương nằm ngang. Nếu thành phần τ tồn tại thì điểm 0 phải di chuyển, như vậy trái với giả thiết là chất lỏng đứng yên, do đó τ phải bằng 0 ($T = 0$); và chỉ có thành phần thẳng đứng p_n . Thành phần p_n không thể tác dụng từ trong ra ngoài vì chất lỏng không chịu được lực kéo.

Như vậy: Trong chất lỏng tĩnh lực ma sát $T = 0$, do đó lực mặt chỉ có thành phần pháp, vì chất lỏng chỉ chịu lực nén nên áp suất thủy tĩnh luôn tác dụng thẳng góc và hướng vào mặt chịu lực. (hình 1-6 b)

Chứng minh 2: (hình 1-6 c)

Ta xét sự cân bằng của khối chất lỏng vô cùng bé (có kích thước dần tới một điểm) như hình vẽ; lực khối nhỏ hơn nhiều lực mặt, ta bỏ qua

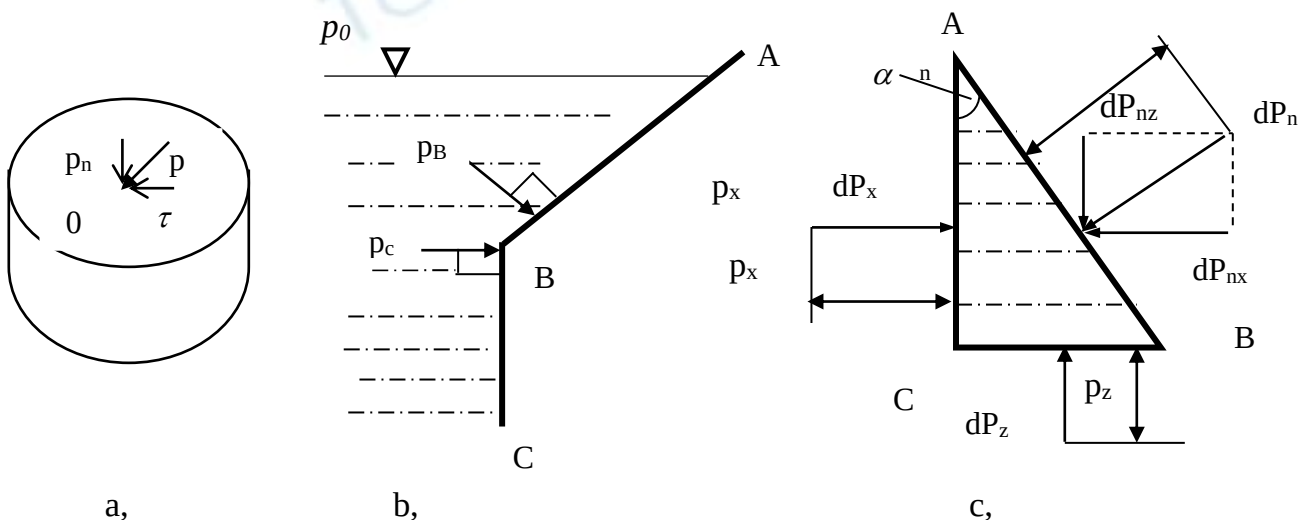
Vì vậy: lực mặt $dP_x = dP_{nx} = dP_n \cdot \cos \alpha \rightarrow$

$$\rightarrow p_x \cdot S_{AC} = p_n \cdot S_{AB} \cdot \cos \alpha = p_n \cdot S_{AB}$$

$$\rightarrow p_n = p_x = p_y = p_z \quad (S - \text{Là diện tích các mặt của khối lỏng})$$

Trong trường hợp này do ta xét ở hình phẳng nên không nhìn thấy p_y .

Như vậy: Trị số của áp suất thủy tĩnh không phụ thuộc vào hướng của mặt chịu lực.



Hình 1-6. Giới hạn chất lỏng đang xét

1.2.3. Phân loại áp suất

* Áp suất tuyệt đối: Là áp suất có trị số so với áp suất trong bình đã hút hết không khí (p tính từ trị số 0). Áp suất tuyệt đối p có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn áp suất khí quyển p_a .

* Áp suất tương đối:

+ Áp suất dư: Khi áp suất tuyệt đối lớn hơn áp suất khí quyển (p_a)

$$p_d = p - p_a \text{ khi } p > p_a \quad (1-13)$$

+ Áp suất chân không: Khi áp suất tuyệt đối nhỏ hơn áp suất khí quyển (p_a)

$$p_{CK} = p_a - p \text{ khi } p < p_a \quad (1-14)$$

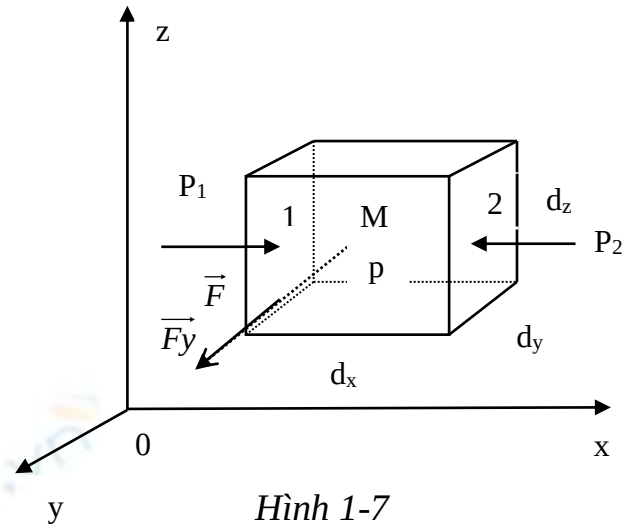
1.3. Phương trình vi phân cơ bản của chất lỏng cân bằng

1.3.1. Hệ phương trình vi phân cân bằng thủy tĩnh Ô le

Ta tách trong chất lỏng tĩnh một khối lỏng hình hộp vô cùng bé (VCB), có các cạnh d_x, d_y, d_z song song với các trục tọa độ $oxyz$ (trục oz thẳng đứng) (Hình 1-7)

Gọi M là trọng tâm của khối hình hộp VCB, giả sử tại M áp suất chất lỏng là p . Lực khối đơn vị $\vec{F}$ với 3 thành phần X, Y, Z theo 3 phương ox, oy, oz . Vì áp suất là hàm của 3 biến (x, y, z) ; $p = p(x, y, z)$ nên ta xác định được áp suất tại trọng tâm 6 mặt theo áp suất p tại điểm M . Ví dụ : Áp suất tại 2 mặt (1) và (2) $\perp$ với trục x . Trọng tâm tại mặt (1) là điểm 1 và áp suất p_1 . Trọng tâm tại mặt (2) là điểm 2 và áp suất p_2 .

Xét sự cân bằng của khối lỏng theo phương ox



Hình 1-7

Giả sử p tăng theo chiều các trục tọa độ ta có áp suất chất lỏng tác động lên mặt (1) tại điểm 1.

$$p_1 = p - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2}; \quad \partial p / \partial x: \text{ Sự biến đổi áp suất theo phương } x.$$

$d_x/2$: Khoảng cách từ M tới điểm 1

$$\text{Lực } P_1 \text{ tác động lên mặt (1)} : P_1 = p_1 \cdot d_y \cdot d_z = \left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2} \right) d_y d_z$$

(áp suất p_1 tác động lên diện tích (1) = lực P_1)

Tương tự xác định lên mặt (2) tại điểm 2.

$$p_2 = p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2} \Rightarrow P_2 = \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2} \right) d_y d_z.$$

Ngoài các lực mặt $P_1, P_2 \rightarrow$ còn có các lực khối tác dụng lên khối chất lỏng.

Nếu gọi lực khối tác dụng lên khối chất lỏng theo phương x : F_x .

$$\Rightarrow F_x = X \cdot \rho \cdot d_x d_y d_z.$$

X - Lực khối đơn vị tác dụng theo phương x ; ρ - khối lượng riêng

$d_x d_y d_z$ - Thể tích khối lỏng.

Vì khối lỏng ở trạng thái cân bằng. Chiếu các lực lên trục x ta có phương trình:

$$P_1 - P_2 + F_x = 0$$

$$\text{Hay } (p_1 - p_2) d_y d_z + \rho \cdot d_x d_y d_z \cdot X = 0.$$

$$\text{Hay } - \frac{\partial p}{\partial x} d_x d_y d_z + \rho \cdot d_x d_y d_z \cdot X = 0$$

$$\text{Chia 2 vế cho } d_x d_y d_z \text{ ta có } \rho \cdot X - \frac{\partial p}{\partial x} = 0 (*)$$

(*) Là phương trình vi phân cân bằng chất lỏng theo phương x .

Tương tự như vậy ta viết được phương trình vi phân cân bằng chất lỏng theo phương y, z ta được hệ phương trình vi phân cân bằng thủy tĩnh Oले:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho \cdot X - \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (1) \\ \rho \cdot Y - \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad (2) \\ \rho \cdot Z - \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \quad (3) \end{array} \right. \quad (1-15)$$

(1-15) Là hệ phương trình vi phân cân bằng chất lỏng ở trạng thái tĩnh.

1.3.2. Phương trình vi phân cân bằng thủy tĩnh

Ta nhân lần lượt hai vế của các phương trình (1),(2),(3) hệ phương trình (1-15) với dx, dy, dz

Sau đó cộng các vế lại với nhau ta được:

$$\rho (X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz) - \left(\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) = 0$$

(Chú ý rằng vì $p = p(x, y, z) \rightarrow dp$ vi phân toàn phần của hàm áp suất)

$$\text{Nên } \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = dp.$$

Suy ra ta được phương trình:

$$\rho (X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz) - dp = 0 \quad (1-16)$$

(1-16) Được gọi là phương trình vi phân cân bằng thủy tĩnh.

1.3.3. Phương trình vi phân của mặt đẳng áp

Mặt đẳng áp có $p = \text{const}$ nên $dp = 0$ thay vào phương trình (1-16) ta được phương trình:

$$(X dx + Y dy + Z dz) = 0 \quad (1-17)$$

(1-17) - là phương trình vi phân mặt đẳng áp đối với chất lỏng tĩnh.

Mặt đẳng áp có 2 tính chất sau đây:

- (1) Hai mặt đẳng áp khác nhau không thể cắt nhau.
- (2) Lực khối tác dụng lên mặt đẳng áp thẳng góc với mặt đẳng áp.

1.3.4. Sự cân bằng của chất lỏng tĩnh tuyệt đối

Ta đã biết ở trạng thái tĩnh tuyệt đối, lực khối chỉ có trọng lực. Vì vậy các thành phần (hình chiếu) của véc tơ lực khối đơn vị $\vec{F}$ là $X = 0$; $Y = 0$; $Z = -g$.

1.3.4.1. Phương trình mặt đẳng áp

Ta thay $X = 0$; $Y = 0$; $Z = -g$ vào phương trình (1-17) ta có:

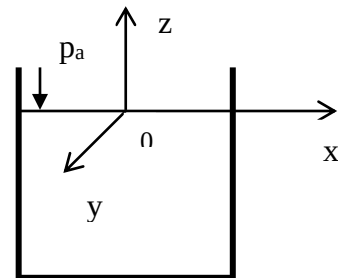
$$-g \cdot dz = 0.$$

$$\Leftrightarrow dz = 0$$

$$\Leftrightarrow Z = \text{Const} = C$$

C - hằng số tích phân.

Phương trình cho ta thấy: Trong chất lỏng tĩnh tuyệt đối mặt đẳng áp (mặt thoáng) là những mặt phẳng nằm ngang.



Hình 1-8. Bình chứa chất lỏng tĩnh tuyệt đối

1.3.4.2. Phương trình cơ bản thủy tĩnh và ý nghĩa của phương trình

$\frac{p}{\gamma}$ - được gọi là áp năng riêng.

$Z + \frac{p}{\gamma}$ - được gọi là thế năng riêng.

* Ý nghĩa của phương trình:

Từ phương trình : $Z + \frac{p}{\gamma} = C$ ta rút ra: “Trong một môi trường chất lỏng tĩnh tuyệt đối thì cột áp thủy tĩnh hay thế năng riêng của chất lỏng tại mọi điểm đều bằng nhau”.

c - Các công thức tính áp suất:

Từ phương trình (1-18) có nghĩa là:

$$Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = Z_0 + \frac{p}{\gamma} = Z + \frac{p}{\gamma} \quad (*)$$

Từ phương trình (*) dễ dàng suy ra các công thức sau:

$$p_2 = p_1 + \gamma \cdot (Z_1 - Z_2) \quad (1-19)$$

Áp suất tại điểm 2 có trị số bằng áp suất tại điểm 1 cao hơn cộng thêm trọng lượng cột chất lỏng có diện tích đáy bằng 1 đơn vị, chiều cao bằng hiệu chiều cao giữa 2 điểm.

γ - Trọng lượng riêng cột nước.

$$p = p_0 + \gamma \cdot (Z_0 - Z), \text{ đặt } h = Z_0 - Z \text{ gọi là độ sâu}$$

Ta có:

$$\boxed{p = p_0 + \gamma \cdot h} \quad (1-20)$$

Các phương trình (1-18), (1-19), (1-20), đều đúng cho áp suất dư và áp suất tuyệt đối.

Trường hợp đặc biệt khi mặt thoáng của chất lỏng thông với khí trời thì áp suất dư của chất lỏng tại một điểm có độ sâu là h:

$$p_{\text{dư}} = 0 + \gamma \cdot h = \gamma \cdot h$$

$$\Rightarrow \boxed{p_{\text{dư}} = \gamma \cdot h} \quad (1-21)$$

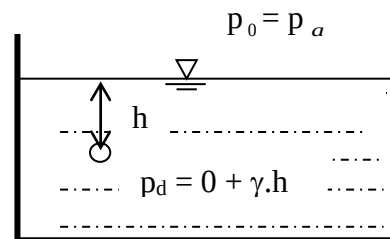
hay $p_{\text{dư}} = p - p_a$ khi $p \neq p_a$

p - Áp suất tuyệt đối hay áp suất toàn phần.

p_a - Áp suất khí trời;

p_d - Áp suất dư;

p_0 - Áp suất trên mặt thoáng nào đó - không phải áp suất khí quyển.



Hình 1-10. Bình chứa chất lỏng ở trạng thái tĩnh

1.4. Định luật Pascal và ứng dụng

1.4.1. Định luật Pascal

Từ phương trình thủy tĩnh $p = p_0 + \gamma \cdot h$; Ta cộng 2 vế phương trình với Δp . ta có:

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

Trong đó: p - là áp suất tuyệt đối (áp suất toàn phần), N/m^2

p_0 - là áp suất trên mặt thoáng, N/m^2

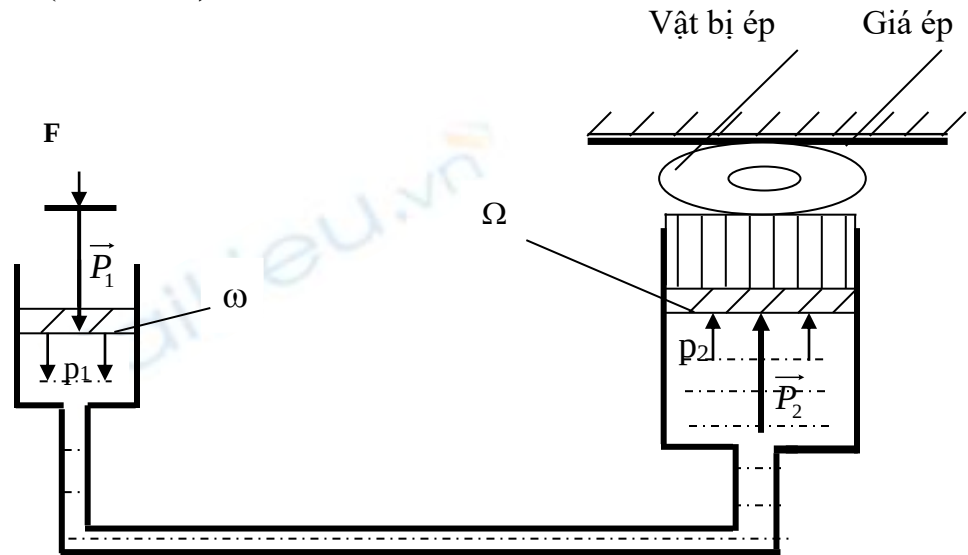
γ - là trọng riêng của chất lỏng, N/m^3 ; h - là độ sâu (m)

Tức là tăng hoặc giảm áp suất trên mặt thoáng một lượng Δp thì áp suất tại điểm bất kì cũng tăng hoặc giảm một lượng Δp . Từ đó ta có định luật:
 “Áp suất do ngoại lực tác dụng lên mặt thoáng được truyền tới mọi điểm trong môi trường chất lỏng tĩnh đều như nhau”.

1.4.1. Định luật Pascal ứng dụng vào máy ép thủy lực

Định luật Pascal đã được ứng dụng chế tạo máy nâng, máy ép thủy lực, máy tích năng, các bộ phận truyền động thủy lực...

Sau đây là ví dụ về nguyên lý làm việc của máy ép thủy lực, có sơ đồ cấu tạo sơ lược máy ép thủy lực (Hình 1-11)



Hình 1 - 11. Sơ đồ cấu tạo sơ lược máy ép thủy lực

Gồm: 2 Xi lanh có diện tích mặt làm việc của piston là ω , Ω .

ω - diện tích mặt làm việc của piston nhỏ.

Ω - diện tích mặt làm việc của piston lớn. Ta giả thiết $\omega \ll \Omega$. và hai xy lanh được nối thông với nhau bằng ống dẫn chứa cùng một chất lỏng và có piston di chuyển như hình 1-11. piston nhỏ gắn với cán piston, khi tác dụng lực F lên cán piston thì lực tác dụng lên piston nhỏ sẽ được tăng lên là P_1 .

Khi lực P_1 tác dụng vào xy lanh nhỏ sẽ truyền cho chất lỏng áp suất p_1

$p_1 = \frac{P_1}{\omega}$. Theo định luật Pascal thì độ tăng áp suất sẽ truyền nguyên vẹn trong môi trường chất lỏng tĩnh (đứng cân bằng). Vì vậy, áp suất tại xi lanh lớn cũng tăng lên p_1 (ở đây bỏ qua không xét đến sự chênh lệch về vị trí giữa 2 xi lanh) ta có:

$$p_2 = p_1 = \frac{P_1}{\omega}$$

Áp suất p_2 tạo ra áp lực P_2 tác dụng lên piston lớn là:

$$P_2 = p_2 \cdot \Omega = P_1 \cdot \frac{\Omega}{\omega} \text{ mà } \Omega \gg \omega \Rightarrow P_2 \gg P_1$$

$$\Rightarrow \text{ Nếu ta kể đến tổn thất lực do ma sát thì: } P_2 = \eta \cdot \frac{\Omega}{\omega} P_1;$$

Trong đó: η - là hiệu suất của máy ép thủy lực;

Nếu coi P_1 , ω không đổi thì muốn tăng P_2 , ta phải tăng Ω

Ví dụ: Cho sơ đồ máy ép thủy lực như hình 1-11. với $P_1 = 98,1 \text{ N}$, $\omega = 2\text{cm}^2$, $\Omega = 20\text{cm}^2$. Ta tính được P_2 :

$$P_2 = 98,1 \cdot \frac{20}{2} = 981\text{N}$$

Định luật Pascal đã được ứng dụng chế tạo kích thủy lực: Hình 1-12.



Hình 1-12. hình ảnh về kết cấu kích thủy lực

1.4.3. Sự cân bằng của chất lỏng ở trạng thái tĩnh tương đối

Trong trường hợp này, giữa các phân tử chất lỏng không có chuyển động tương đối, nhưng cả khối chất lỏng chuyển động như một vật rắn, ta gọi trạng thái này là trạng thái tĩnh tương đối của chất lỏng. Lực khối tác dụng lên chất lỏng không chỉ có trọng lực mà còn có thêm lực quán tính.

Ta xét hai trường hợp tĩnh tương đối của chất lỏng:

1.4.3.1. Bình chứa chất lỏng chuyển động thẳng (ngang) với gia tốc không đổi

Giả sử bình chứa chất lỏng chuyển động thẳng với gia tốc không đổi a (hình 1-13)

Trong trường hợp này, lực khối tác dụng lên khối chất lỏng là trọng lực G và lực quán tính F_{qt} lực khối đơn vị là:

$$\vec{F} = \vec{g} \pm \vec{a}$$

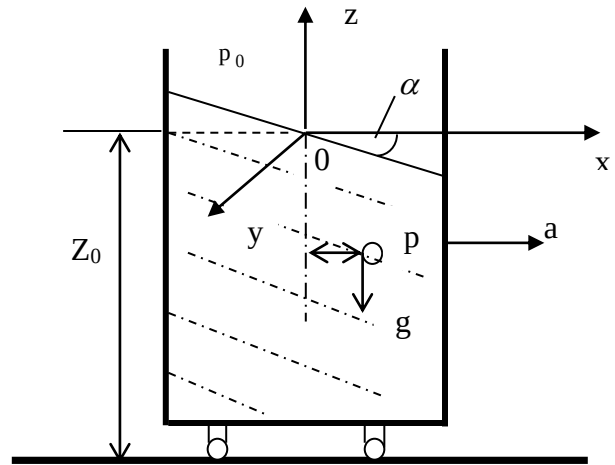
Dấu (+) hay (-) ở đây biểu thị chiều lực quán tính. Chiều tác dụng của lực quán tính ngược với chiều của gia tốc chuyển động. Từ phương trình (1-17):

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0$$

Ta có các thành phần phân tử của lực khối đơn vị $\vec{F}$:

$X = \pm a$; $Y = 0$; $Z = -g$; chiều như hình vẽ:

$$X = -a.$$



Hình 1-13

Thay các thành phần của lực khối đơn vị vào phương trình (1-17)

Ta có:

$$a \cdot dx - g \cdot dz = 0 (*)$$

Lấy tích phân phương trình (*) ta được:

$$a \cdot x + g \cdot z = C (**)$$

$$\text{Hay: } Z = -\frac{a}{g} \cdot x + c \quad (1-22)$$

(1-22) Đây là phương trình của mặt đẳng áp.

Với phương trình (1-22): Trong trường hợp này; Mặt đẳng áp là những mặt phẳng nghiêng một góc α so với mặt nằm ngang. $\text{Cotg } \alpha = -\frac{a}{g}$