

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH

TS. GIANG QUỐC KHÁNH (CHỦ BIÊN)
TS. LÊ QUÝ CHIẾN, ThS. ĐÀO ĐỨC HÙNG

GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT THÔNG GIÓ



QUẢNG NINH -2023

LỜI NÓI ĐẦU

Môi trường sống của con người bao gồm nhiều lĩnh vực khác nhau: tự nhiên, kinh tế, xã hội... Song để con người tồn tại và phát triển về thể chất, lao động có hiệu quả trước tiên phải kể đến môi trường tự nhiên mà trong đó môi trường không khí đóng vai trò quan trọng nhất.

Thông gió là một lĩnh vực khoa học kỹ thuật rất rộng, bao gồm từ kiến trúc, xây dựng, nhiệt kỹ thuật, thủy khí động học, vệ sinh và an toàn lao động, công nghệ, chế tạo cơ khí,... có nhiệm vụ đảm bảo cho môi trường không khí bên trong các công trình kiến trúc dân dụng và công nghiệp được trong sạch, không bị ô nhiễm bởi bụi và khí độc hại, mát mẻ về mùa nóng, ấm áp dễ chịu về mùa lạnh, bảo vệ được sức khỏe cho người lao động.

Từ rất xa xưa, con người đã biết tận dụng các yếu tố tự nhiên để thông gió chống nóng, tránh lạnh trong các nơi ẩn náu, cư trú của mình. Nhưng mãi đến thế kỷ 18, khi nền sản xuất công nghiệp ra đời và phát triển đánh dấu bằng sự xuất hiện của máy hơi nước, thì Thông gió mới trở thành đối tượng nghiên cứu của nhiều nhà khoa học trên Thế giới và dần dần đã trở thành một ngành chuyên môn riêng biệt được giảng dạy đào tạo ở nhiều trường Đại học kỹ thuật và Trung học chuyên nghiệp của nhiều Quốc gia.

Trong số các nhà bác học Nga có nhiều cống hiến và đặt nền tảng cho lĩnh vực chuyên môn này trước tiên phải kể đến là: N. A. Lovov, A. A. Xablukov - người đầu tiên chế tạo ra máy quạt vào thế kỷ 19, I. I. Flavisky - người đầu tiên nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số môi trường không khí đến cảm giác nhiệt của con người. Tiếp theo đó là các nhà khoa học: A. K. Pavlosky, V. M. Traplin, A. N. Xêliverstov, L. A. Xêmenov, V. V. Baturin, P. N. Kamenhep, A. V Nhesterenko, G. A. Maximou, A. A. Ruxin, M. F. Bromlay, V. N. Bogoslovsky,...

Về phía các nhà khoa học phương Tây và các nước khác trên Thế giới trong lĩnh vực Thông gió có thể kể đến như: G. Kraft, K. Petsold, R. Rais (Đức), V. Keys, A. London, V. Stocker (Mỹ), A. Missenare, R. Humery (Pháp), J. Barton (Anh),...

Cuốn sách này nhằm hệ thống hoá và nâng cao những nội dung cơ bản và chuyên sâu của môn học Kỹ thuật thông gió từ các tài liệu, giáo trình liên quan mà tác giả đã biên soạn và ban hành nội bộ để giảng dạy trong nhiều năm qua.

Nội dung cuốn sách chủ yếu là làm tài liệu giảng dạy, học tập và tham khảo cho cán bộ giảng dạy và sinh viên chuyên ngành Công nghệ kỹ thuật Điện-Điện tử và Công nghệ điện lạnh. Ngoài những phân lý thuyết và ví dụ tính toán, sách còn bao gồm một số phụ lục cần thiết nhằm phục vụ cho công tác nghiên cứu, thiết kế các hệ thống thông gió chống nóng, chống độc hại của cán bộ kỹ thuật ở các Viện thiết kế, Viện nghiên cứu khoa học có liên quan.

Trong quá trình biên soạn cuốn sách tác giả đã nhận được sự giúp đỡ tích cực của các giảng viên Khoa Cơ khí Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn cá nhân các giảng viên trong Khoa nói chung và tập thể giảng viên của Bộ môn Máy thiết bị, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh nói riêng về những sự giúp đỡ quý báu và tạo điều kiện thuận lợi để chúng tôi hoàn thành cuốn sách này.

Chắc rằng cuốn sách không tránh khỏi thiếu sót. Nhóm tác giả rất mong và cảm ơn mọi ý kiến đóng góp của Đồng nghiệp và Bạn đọc.

Nhóm tác giả

Chương 1

NHỮNG LÝ LUẬN CƠ BẢN VỀ THỦY LỰC

1.1. Khái niệm chung về thủy lực

1.1.1. Định nghĩa

Thủy lực học còn được gọi là Cơ học chất lỏng ứng dụng, là một môn khoa học ứng dụng - nghiên cứu các quy luật của chất lỏng đứng yên và chuyển động, đồng thời nghiên cứu ứng dụng các quy luật đó vào trong thực tế sản xuất.

Chất lỏng ở đây được hiểu theo nghĩa rộng được chia thành 3 nhóm cơ bản:

- *Chất lỏng tồn tại ở dạng giọt* như: nước, dầu, thủy ngân,... Các chất lỏng này có thể tích hoàn toàn xác định, trong thực tế xem như không thay đổi thể tích khi thay đổi lực nén tác dụng lên khối chất lỏng;

- *Chất lỏng tồn tại ở dạng khí hoặc hơi* như: không khí, hơi nước, khí tự nhiên, loại chất lỏng này luôn luôn chiếm đầy và mang hình dạng của bình chứa nó, thể tích thay đổi phụ thuộc vào áp suất và nhiệt độ;

- *Chất lỏng tồn tại ở dạng hỗn hợp* của các dạng vật chất cơ bản như: khí và lỏng (như hỗn hợp xăng hoặc dầu và không khí phun vào buồng đốt của động cơ đốt trong, không khí chứa hơi nước trong những ngày sương mù, không khí có phun nước dập bụi,...), khí và rắn (không khí chứa bụi khi nổ mìn trong khai thác mỏ, không khí trong các xưởng cưa gỗ,...), lỏng và rắn (hỗn hợp bùn cát và nước trong các máy bơm hút cát, bùn),...

Khoa học Thủy lực đã hình thành từ rất lâu đời và cùng với sự phát triển của sản xuất, sự tiến bộ về kỹ thuật nên lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng khoa học thủy lực vô cùng rộng rãi; thật khó tìm được một lĩnh vực kỹ thuật nào mà không ứng dụng các quy luật Thủy lực. Một số lĩnh vực ứng dụng của khoa thủy lực như: Xây dựng, Kiến trúc, Thủy lợi, Cầu đường, Dầu khí, Khai thác mỏ, Hàng hải, Hàng không, Chế tạo máy đến ngành khoa học vũ trụ...

Phương pháp nghiên cứu Thủy lực là kết hợp chặt chẽ giữa phân tích lý thuyết với thí nghiệm, thực đo. Nhằm đạt tới những kết quả cụ thể, để giải quyết những vấn đề thực tế đặt ra.

1.1.2. Các tính chất vật lý cơ bản

a) *Tính có khối lượng*: Với cùng một thể tích, thì mỗi chất lỏng khác nhau sẽ có khối lượng khác nhau và được đặc trưng bởi thông số khối lượng riêng (hay mật độ) của chất

lỏng. Đối với chất lỏng đồng chất, khối lượng riêng là tỷ số giữa khối lượng M với thể tích W của chất lỏng, kí hiệu là ρ , đơn vị: kg/m^3

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

b) *Tính có trọng lượng* là hệ quả của tính chất thứ nhất và được biểu thị bằng trọng lượng đơn vị hoặc trọng lượng riêng. Đối với chất lỏng đồng chất, trọng lượng riêng của chất lỏng là tỷ số giữa trọng lượng G với thể tích W của chất lỏng, kí hiệu là γ , đơn vị là N/m^3 .

$$\gamma = \frac{G}{W} \quad (1-2)$$

Quan hệ giữa khối lượng riêng và trọng lượng riêng thể hiện qua biểu thức (1-3).

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1-3)$$

trong đó, g - gia tốc trọng trường ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

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 nén thể tích β_w để biểu thị sự giảm tương đối của thể tích chất lỏng W ứng với sự tăng áp suất p lên một đơn vị áp suất; hệ số β_w biểu thị bằng công thức sau:

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

Trong trường hợp thay đổi nhiệt độ, ta dùng hệ số giãn 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:

$$\beta_t = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt}, \quad (^\circ\text{C}^{-1}) \quad (1-5)$$

d) *Tính chất thứ tư của chất lỏng* là có sức căng mặt ngoài, tức là khả năng chịu được ứng suất kéo không lớn lắm tác dụng lên mặt tự do phân chia chất lỏng với chất khí hoặc trên mặt tiếp xúc chất lỏng với chất rắn. Do sức căng mặt ngoài mà giọt nước có dạng hình cầu. Trong ống có đường kính 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 sức căng mặt ngoài gây nên. Mặt tự do của chất lỏng trong trường hợp đầu là lõm, trong trường hợp sau là mặt lồi.

e) *Tính chất thứ năm là có tính nhót*. Tính nhót rất quan trọng, vì nó là nguyên nhân sinh ra tổn thất năng lượng khi chất lỏng chuyển động.

Khi các lớp chất lỏng chuyển động, giữa chúng nảy sinh ra sức ma sát tạo nên sự chuyển biến một bộ phận cơ năng thành nhiệt năng mất đi không lấy lại được. Sức ma sát này gọi là sức ma sát trong. Tính chất nảy sinh ra sức ma sát trong hoặc nói một cách khác, tính chất nảy sinh ra ứng suất tiếp giữa các lớp chất lỏng chuyển động gọi là tính nhót của chất lỏng.

Năm 1686, Isaac Newton đã nêu lên giả thiết về quy luật ma sát trong, tức là ma sát chất lỏng: "sức ma sát giữa các lớp của chất lỏng chuyển động tỷ lệ với diện tích tiếp xúc của các lớp ấy, không phụ thuộc áp lực, phụ thuộc gradient vận tốc theo chiều thẳng góc với phương chuyển động, phụ thuộc loại chất lỏng" (hình 1-1). Định luật ma sát trong của Newton viết dưới biểu thức (1-6).

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

Trong đó:

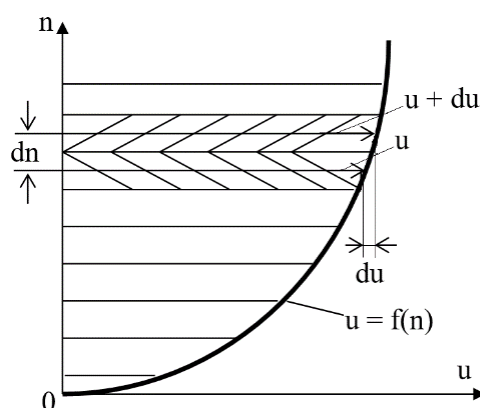
T - lực ma sát giữa các lớp chất lỏng;

S - diện tích tiếp xúc;

u - vận tốc, $u = f(n)$ – quy luật phân bố

vận tốc theo phương vuông góc n ;

μ - hằng số tỷ lệ, phụ thuộc vào loại chất lỏng, được gọi là hệ số nhót động lực.



Hình 1-1

1.1.3. Các lực tác dụng lên chất lỏng

Các lực tác dụng lên thể tích xác định của chất lỏng đứng yên hoặc chuyển động có thể phân thành hai loại, tùy theo tính chất tác dụng của chúng.

1.1.3.1. Lực bề mặt (hay lực mặt): Là lực tác dụng lên các mặt giới hạn (mặt biên) của một thể tích chất lỏng, có trị số tỷ lệ thuận với diện tích mặt chịu tác dụng. Lực mặt có phương vuông góc với mặt chịu tác dụng gọi là lực mặt pháp tuyến; lực tiếp xúc với mặt chịu tác dụng gọi là lực mặt tiếp tuyến. Ví dụ như: Áp lực tác dụng vuông góc lên các phần khác nhau của mặt biên từ môi trường lỏng hoặc khí bao quanh; Lực ma sát (kể cả lực nhót) tác dụng theo phương tiếp tuyến lên các mặt bên của dòng chảy; Phản lực tác dụng vuông góc từ mặt biên rắn.

Cách biểu diễn lực mặt: chẳng hạn, đối với áp lực, ta có:

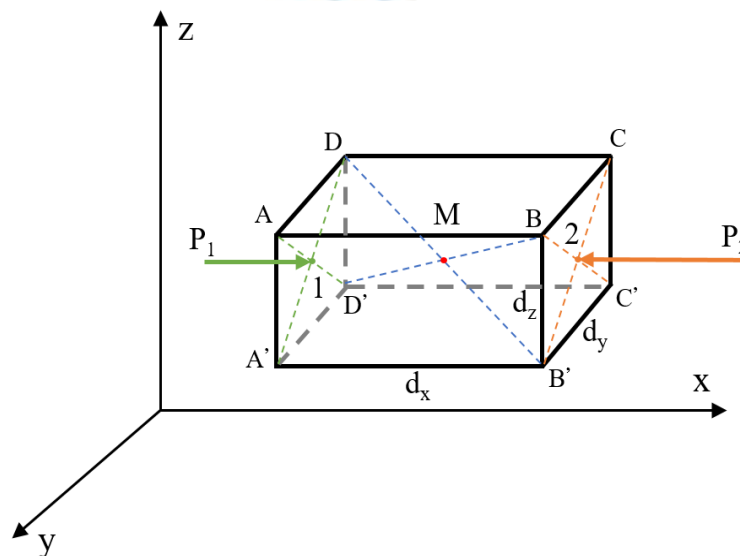
1.1.3.2. *Lực khối lượng (hay lực khối)* trong trường hợp $\rho = \text{const}$ còn gọi là lực thể tích. Là lực tác dụng lên mỗi phân tử chất lỏng và có trị số tỷ lệ thuận với khối lượng của khối chất lỏng. Ví dụ như các lực: Trọng lực G , Lực quán tính F_{qt} , lực li tâm,...

1.2. Phương trình cơ bản thủy lực học

1.2.1. Phương trình thủy tĩnh

a) *Hệ phương trình vi phân cơ bản của chất lỏng cân bằng - hệ phương trình Ole*

- Tưởng tượng tách từ trong lòng chất lỏng tĩnh ra một khối chất lỏng có dạng hình hộp chữ nhật vô cùng bé với các cạnh dài, rộng, cao lần lượt song song với các trục tọa độ Ox , Oy và Oz (trục Oz thẳng đứng), kích thước ba chiều của khối chất lỏng là d_x , d_y , d_z (hình 1-2).



Hình 1-2

Gọi M là trọng tâm của khối hình hộp vô cùng bé, giả sử tại M áp suất chất lỏng là $p = f(x, y, z)$.

Lực khối đơn vị $\vec{F}$ với 3 thành phần theo 3 phương Ox , Oy và Oz lần lượt là X , Y , Z .

Vì áp suất p là hàm của 3 biến x , y , z nên ta xác định được áp suất tại trọng tâm 6 mặt theo áp suất p tại điểm M .

Giả sử trọng tâm của mặt $(ADD'A')$ là điểm 1 và áp suất là p_1 ; trọng tâm tại mặt $(BCC'B')$ là điểm 2 và áp suất là p_2 .

Xét sự cân bằng của khối lỏng theo phương Ox :

Giả sử độ biến đổi áp suất theo mỗi phương Ox, Oy, Oz là không thay đổi và chiều tăng của áp suất p trùng với chiều dương của các trục tọa độ, khi đó ta tính được áp suất của chất lỏng p_1 tại điểm 1 và p_2 tại điểm 2 như sau:

$$p_1 = p - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2}$$

$$p_2 = p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2}$$

Trong đó: $\frac{\partial p}{\partial x}$ - Sự biến đổi áp suất theo phương x; $d_x/2$: Khoảng cách từ M tới điểm 1 và điểm 2;

Áp lực thủy tĩnh tác dụng lên các mặt phẳng (ADD'A') và (BCC'B') lần lượt là P_1 và P_2 :

$$P_1 = p_1 \cdot dy \cdot dz = \left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2}\right) dy \cdot dz \quad (1-7)$$

$$P_2 = p_2 \cdot dy \cdot dz = \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \cdot \frac{dx}{2}\right) dy \cdot dz \quad (1-8)$$

Ngoài các lực mặt P_1, P_2 còn có các lực khối tác dụng lên khối chất lỏng. Nếu gọi lực khối đơn vị tác dụng lên khối chất lỏng theo phương Ox là X, thì lực khối đơn vị theo phương này F_x được xác định theo biểu thức sau:

$$F_x = X \cdot \rho \cdot d_x dy dz \quad (1-9)$$

Trong đó: ρ - khối lượng riêng của chất lỏng, (kg/m^3); $d_x dy dz$ - thể tích của khối chất lỏng, (m^3).

Vì khối lỏng ở trạng thái cân bằng nên tổng hợp lực tác dụng theo các phương Ox, Oy và Oz phải bằng 0. Chiều các lực theo phương trục Ox, chiều dương trùng với chiều trục ox, ta có phương trình sau:

$$P_1 - P_2 + F_x = 0 \quad (1-10)$$

Thay các biểu thức (1-7), (1-8) và (1-9) vào biểu thức (1-10) nhận được biểu thức sau:

$$-\frac{\partial p}{\partial x} d_x dy dz + \rho X \cdot d_x dy dz = 0 \quad (1-11)$$

Chia 2 vế biểu thức (1-11) cho tích $d_x dy dz$ nhận được phương trình sau:

$$\rho X - \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (1-12)$$

Phương trình (1-12) là phương trình vi phân của chất lỏng ở trạng thái cân bằng theo phương Ox. Suy luận tương tự đối với những hình chiếu các lực trên các trục Oy,

Oz và viết toàn bộ hệ thống phương trình biểu thị sự cân bằng của khối chất lỏng hình hộp, ta có hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \rho X - \frac{\partial p}{\partial x} = 0 & (1) \\ \rho Y - \frac{\partial p}{\partial y} = 0 & (2) \\ \rho Z - \frac{\partial p}{\partial z} = 0 & (3) \end{cases} \quad (1-13)$$

hoặc

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p = 0 \quad (1-14)$$

(1-13) là hệ phương trình vi phân cơ bản của chất lỏng đứng cân bằng và còn gọi là hệ phương trình Ole (do Ole tìm ra năm 1755). Phương trình này biểu thị quy luật chung về sự phụ thuộc áp suất thủy tĩnh đối với tọa độ: $p = f(x, y, z)$.

b. Phương trình vi phân cân bằng thủy tĩnh

Nhân lần lượt hai vế của các phương trình (1), (2), (3) trong hệ phương trình (1-13) với dx , với dy và dz , sau đó cộng vế với vế các phương trình ta được:

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

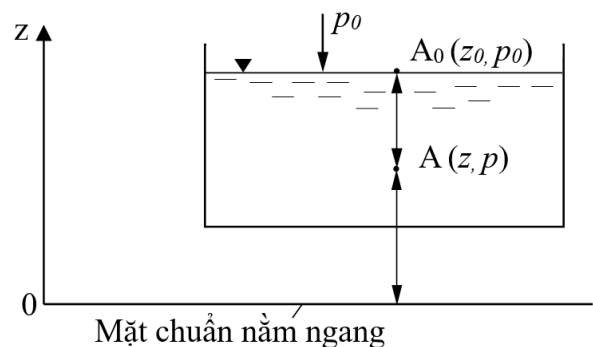
Do dp vi phân toàn phần của áp suất $p = f(x, y, z)$ nên $dp = \frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz$, thay dp vào phương trình trên nhận được phương trình:

$$\rho (X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz) - dp = 0 \quad (1-15)$$

Phương trình (1-15) là phương trình vi phân của chất lỏng cân bằng.

Phương trình cơ bản của chất lỏng tĩnh tuyệt đối (hình 1-3):

Trong hệ tọa độ vuông góc mà trục Oz đặt theo phương thẳng đứng hướng lên trên, thì với chất lỏng tĩnh tuyệt đối lực khối đơn vị theo các phương Ox, Oy và Oz lần lượt là $X = 0$, $Y = 0$ và $Z = -g$ (g là gia tốc rơi tự do). Thay vào phương trình (1-15) nhận được:



Hình 1-3

$$dp = -\rho g \cdot dz \quad (1-16)$$

Sau khi tích phân hai vế phương trình (1-16) và chia cho ρg ta có:

$$z + \frac{p}{\rho \cdot g} = \text{const} \quad (1-17)$$

Với $\gamma = \rho \cdot g$ và áp dụng phương trình (1-17) cho hai điểm A_0 và A (hình 1-3) ta được:

$$z + \frac{p}{\gamma} = z_0 + \frac{p_0}{\gamma} = \text{const} \quad (1-18)$$

hoặc

$$p = p_0 + \gamma(z_0 - z) \quad (1-19)$$

Gọi z_0 là tung độ của điểm ở trên mặt tự do và h là độ sâu của điểm đang xét có tung độ z , ta có: $h = z_0 - z$. Thay vào phương trình (1-19) ta được:

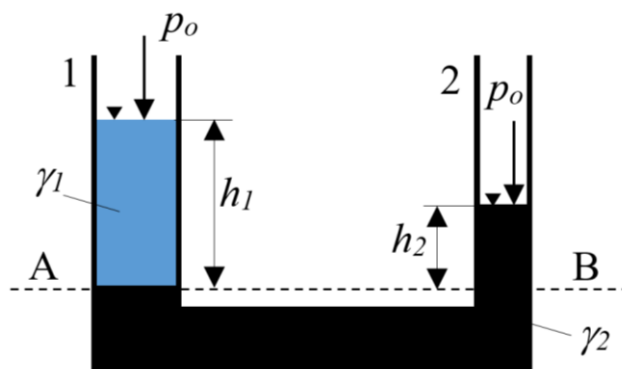
$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-20)$$

Phương trình (1-18), (1-20) là phương trình cơ bản của thủy tĩnh học, biểu thị quy luật phân bố áp suất thủy tĩnh trong chất lỏng tĩnh tuyệt đối. Số hạng p/γ có thứ nguyên là độ dài.

1.2.2. Các định luật cơ bản

1.2.2.1. Định luật bình thông nhau

Hai bình thông nhau chứa đựng chất lỏng khác nhau và có áp suất trên mặt thoáng bằng nhau, độ cao của chất lỏng ở mỗi bình tính từ mặt phân chia hai chất lỏng đến mặt thoáng sẽ tỷ lệ nghịch với trọng lượng đơn vị (trọng lượng riêng) của chất lỏng (hình 4).



Hình 1- 4

Biểu thức biểu thị cho mối quan hệ này như sau:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \quad (1-21)$$

Trong đó h_1, h_2 là những độ cao nói trên ứng với những chất lỏng có trọng lượng đơn vị γ_1, γ_2 . Thực vậy, áp suất p_1, p_2 trên cùng mặt phân chia A – B (hình 1-4) bằng nhau.

Theo phương trình (1-20), thì áp suất nằm trên mặt phẳng (AB) trong nhánh ống 1 là p_1 và trong nhánh ống thứ 2 là p_2 :

$$p_1 = p_o + \gamma_1.h_1;$$

$$p_2 = p_o + \gamma_2.h_2$$

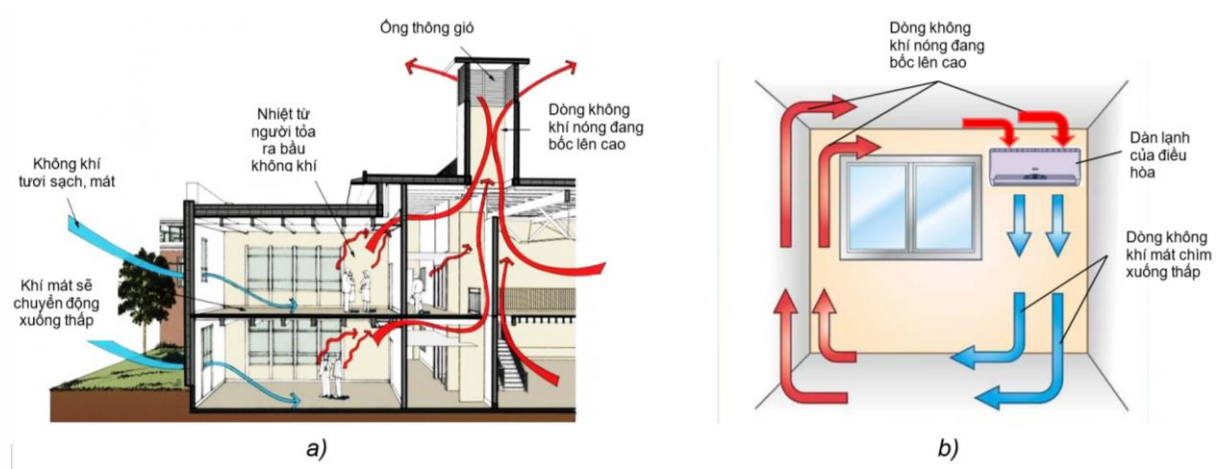
Vì cùng độ sâu trong môi trường chất lỏng đồng nhất nên:

$$p_1 = p_2$$

$$\text{hay } \gamma_1.h_1 = \gamma_2.h_2 \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$$

Nếu chất lỏng chứa ở hai nhánh bình chứa cùng một loại ($\gamma_1 = \gamma_2$) thì mặt tự do của chất lỏng ở hai bình cùng một độ cao, nghĩa là khi đó: $h_1 = h_2$.

Các tầng, các phòng trong một công trình nhà ở, công xưởng hay nhà máy thông với nhau, thì giống như nguyên lý các bình thông nhau - tầng trên cao sẽ là nơi tập trung của không khí có nhiệt độ cao hơn ở các tầng thấp. Nguyên nhân của hiện tượng này là do không khí khi bị làm nóng sẽ giãn nở, khối lượng riêng (trọng lượng riêng) sẽ giảm đi, vì thế chúng sẽ nổi lên phía trên cao, còn không khí được làm lạnh nhân tạo (từ hệ thống điều hòa không khí) hoặc không khí mát tự nhiên sẽ chìm xuống tầng thấp. Không khí mát và không khí nóng sẽ di chuyển ngược chiều nhau tạo nên hiện tượng đối lưu tự nhiên của không khí. Ứng dụng hiện tượng đối lưu tự nhiên trong kỹ thuật thông gió và điều hòa không khí, người ta thường bố trí các cửa thông gió, quạt hút gió nóng ở vị trí phía trên cao của các tòa nhà, hoặc cửa hút gió nóng ở phía trên cao, cửa xả gió được làm mát ở phía thấp hơn trong dàn lạnh (cục lạnh) của điều hòa không khí (hình 1-5).



Hình 1- 5

1.2.2.1. Định luật Pascal

Xét bình nước và khí được đẩy kín bởi quả piston (hình 1-6). 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 piston khác nhau:

- Khi ngoại lực $F = 0$ thì áp suất trên mặt thoáng chất lỏng trong bình là p_0 và áp suất tại hai điểm 1 và 2 lần lượt là:

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

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

- Khi ngoại lực $F \neq 0$, khối khí trên mặt thoáng bị nén lại, áp suất trên mặt thoáng của chất lỏng trong bình tăng thêm một lượng Δp , khi đó áp suất trên mặt thoáng là: $p_0 + \Delta p$. Lúc này, áp suất tại hai điểm 1 và 2 lần lượt là:

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

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

trong đó: $\Delta p = F/S$ và F - trị số ngoại lực tác dụng lên piston, (N); S - diện tích bề mặt chịu lực của piston, (m^2).

Định luật Pascal: Áp suất tĩnh do ngoại lực tác động lên bề mặt chất lỏng được truyền nguyên vẹn đến mọi điểm trong lòng khối chất lỏng đó.

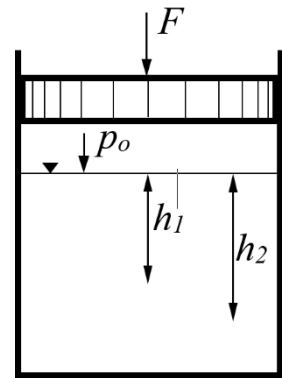
Ứng dụng Định luật Pascal, người ta chế tạo ra máy ép thủy lực, kích thủy lực, máy tích năng, các bộ phận truyền lực,...

Dựa vào Định luật Pascal, chúng ta có thể thấy rằng tiếng ồn của quạt thông gió khi làm việc sẽ được truyền đi trong toàn bộ không gian căn phòng hay tòa nhà nơi quạt làm việc. Vì vậy, để nâng cao chất lượng của hệ thống thông gió, cần phải thực hiện các biện pháp hạn chế tiếng ồn.

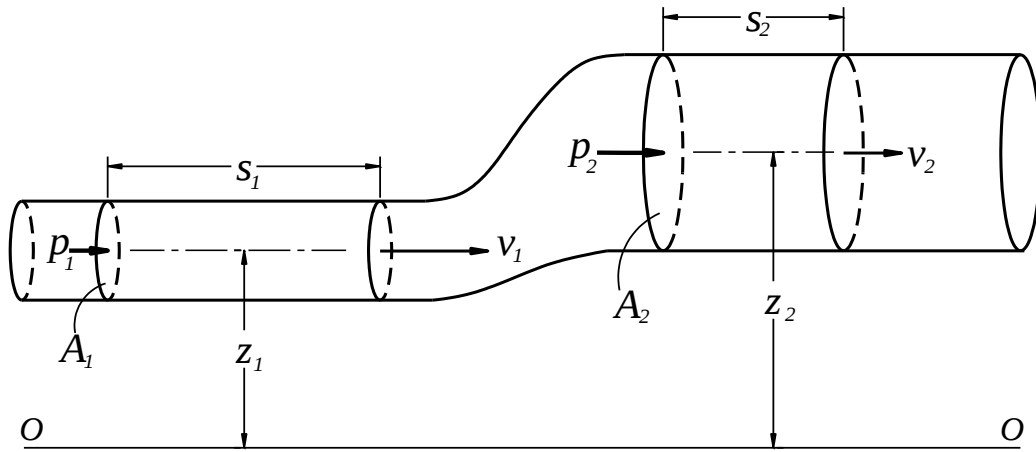
1.2.3. Phương trình thủy động lực học

1.2.3.1. Phương trình Becnuli (Bernoulli's equation)

Có thể nói, Phương trình Becnuli là một dạng của định luật bảo toàn năng lượng. Vì vậy, một cách khác để rút ra Phương trình Becnuli cho dòng chảy chất lỏng không nén được là áp dụng định luật bảo toàn năng lượng. Xét đoạn dòng chảy chất lỏng không nén được như hình 1-7.



Hình 1-6



Hình 1- 7

Theo định luật bảo toàn năng lượng, thì sự thay đổi của tổng động năng ΔE_d của dòng chất lỏng chuyển động bằng tổng công cơ học W do các lực thực hiện trên hệ.

$$W = \Delta E_d \quad (1-22)$$

Hệ đang xét gồm một thể tích chất lỏng, ban đầu nằm giữa các mặt cắt ngang (mặt cắt ướ) A_1 và A_2 . Trong khoảng thời gian Δt ban đầu, các phần tử chất lỏng ở mặt cắt dòng đi vào A_1 di chuyển một đoạn $s_1 = v_1 \Delta t$, còn ở mặt cắt dòng chảy chất lỏng di chuyển ra xa mặt cắt A_2 một quãng đường $s_2 = v_2 \Delta t$. Thể tích chất lỏng bị chiếm chỗ ở dòng vào và dòng ra lần lượt là $A_1 s_1$ và $A_2 s_2$. Các khối lượng chất lỏng chuyển vị tương ứng bằng tích của mật độ khối lượng với thể tích của khối chất lỏng, do đó các khối lượng chuyển vị lần lượt là $\rho A_1 s_1$ và $\rho A_2 s_2$, trong đó ρ là mật độ khối lượng của chất lỏng. Áp dụng định luật bảo toàn khối lượng, thì hai khối lượng dịch chuyển này trong khoảng thời gian Δt phải bằng nhau và khối lượng dịch chuyển này được ký hiệu là Δm :

$$\rho A_1 s_1 = \rho A_1 v_1 \Delta t = \Delta m \quad (1-23)$$

$$\rho A_2 s_2 = \rho A_2 v_2 \Delta t = \Delta m \quad (1-24)$$

Công cơ học do các lực thực hiện gồm hai phần:

- Công thực hiện bởi áp suất tác dụng lên diện tích A_1 và A_2 :

$$\begin{aligned} W_{pressure} &= F_{1,pressure} s_1 - F_{2,pressure} s_2 \\ &= p_1 A_1 s_1 - p_2 A_2 s_2 \\ &= \Delta m \frac{p_1}{\rho} - \Delta m \frac{p_2}{\rho} \end{aligned} \quad (1-25)$$

- Công do trọng lực thực hiện : thể năng trọng trường trong thể tích $A_1 s_1$ mất đi và ở đầu ra trong thể tích $A_2 s_2$ được thu vào. Vậy độ biến thiên thể năng trọng trường ΔE trong khoảng thời gian Δt là:

$$\Delta E_t = \Delta mgz_2 - \Delta mgz_1 \quad (1-26)$$

Công do trọng lực sinh ra ngược chiều với sự thay đổi của thế năng trọng trường, $W_{\text{trọng lực}} = -\Delta E_t$: trong khi lực hấp dẫn theo hướng z âm (hướng xuống – hướng vào tâm trái đất), công lực hấp dẫn thay đổi theo độ cao - sẽ âm nếu sự thay đổi theo hướng tăng độ cao $\Delta z = z_2 - z_1$, trong khi đó, sự thay đổi thế năng tương ứng là dương, vì vậy:

$$W_{\text{trọng lực}} = -\Delta E_t = \Delta mgz_1 - \Delta mgz_2 \quad (1-27)$$

Và do đó, tổng công cơ học do các lực thực hiện trong khoảng thời gian Δt này là:

$$W = W_{\text{pressure}} + W_{\text{trọng lực}} \quad (1-28)$$

Độ tăng của động năng là:

$$\Delta E_d = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 \quad (1-29)$$

Thay các phương trình (1-22) đến (1-28) thay vào phương trình (1-21) ta nhận được:

$$\Delta m \frac{p_1}{\rho} - \Delta m \frac{p_2}{\rho} + \Delta mgz_1 - \Delta mgz_2 = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 \quad (1-30)$$

hoặc

$$\frac{1}{2} \Delta m v_1^2 + \Delta mgz_1 + \Delta m \frac{p_1}{\rho} = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 + \Delta mgz_2 + \Delta m \frac{p_2}{\rho} \quad (1-31)$$

Chia cả hai vế của phương trình (1-30) cho Δm nhận được:

$$\frac{1}{2} v_1^2 + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{1}{2} v_2^2 + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} \quad (1-32)$$

Chia cả hai vế của phương trình (1-31) cho g và thay thế $\gamma = \rho g$ ta nhận được:

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \quad (1-33)$$

hay

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = C, \quad (C - \text{hằng số}) \quad (1-34)$$

Phương trình (1-33) là phương trình Bernoulli viết cho dòng chất lỏng lý tưởng, trong đó: z – là vị năng đơn vị; p/γ – là áp năng đơn vị và p là áp suất tĩnh; $v^2/2g$ – động năng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng gọi tắt là động năng đơn vị.

Phương trình Bernoulli được phát biểu như sau: "Trong một dòng chảy ổn định tổng các dạng năng lượng trong dòng chất lỏng (chất lưu) dọc theo đường dòng là như nhau tại mọi điểm trên đường dòng đó. Đối với ống dòng nằm ngang, tổng áp suất tĩnh và áp suất động tại một điểm bất kỳ được bảo toàn".

Chú ý: Tất cả các chất lỏng đều được nén ở một mức độ nào đó, do những thay đổi của áp suất hay nhiệt độ gây ra sự thay đổi mật độ. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, sự thay đổi của áp suất và nhiệt độ là đủ nhỏ do đó những thay đổi về mật độ là không đáng kể. Trong những trường hợp như vậy, dòng chảy có thể được coi như là dòng chảy không nén được. Đối với dòng chảy của các khí, để xác định được rằng nên sử dụng động lực học chất lưu nén được hay động lực học chất lưu không nén được, thì cần đánh giá dựa trên số Mach của dòng chảy. Tính nén được có thể được bỏ qua nếu số Mach thấp hơn 0,3.

Số Mach là một đại lượng vật lý biểu hiện tỉ số giữa vận tốc chuyển động của vật thể trong một môi trường nhất định (hoặc vận tốc tương đối của dòng vật chất) đối với vận tốc âm thanh trong môi trường đó. Trong khí động lực học, số Mach đặc trưng cho mức độ chịu nén của dòng chất khí chuyển động.

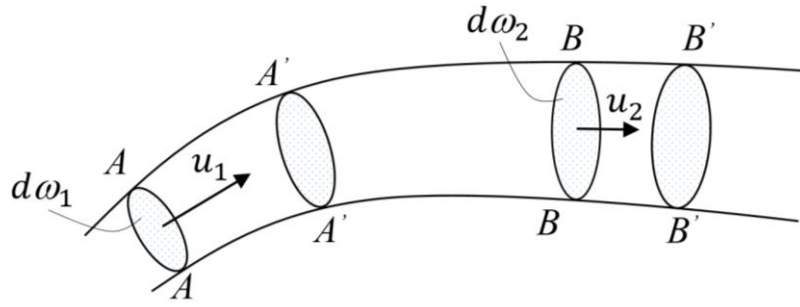
$$Ma = \frac{v}{c} \quad (1-35)$$

trong đó: Ma là số Mach, v - vận tốc chuyển động của vật thể (hoặc của môi trường vật chất); c - vận tốc âm thanh trong cùng môi trường.

1.2.3.2. Phương trình liên tục

Phương trình liên tục là một dạng của các định luật bảo toàn khối lượng trong một đơn vị thể tích, nghĩa là sự liên tục của dòng chất lỏng hoặc khí. Chất lỏng chuyển động một cách liên tục, nghĩa là trong môi trường chất lỏng chuyển động không hình thành những vùng không gian trống không (không chứa chất lỏng). Tính chất liên tục này được biểu thị bởi biểu thức toán học gọi là phương trình liên tục.

Phương trình liên tục của dòng nguyên tố chảy ổn định (hình 1-8): Trên một dòng nguyên tố ta lấy hai mặt cắt AA và BB có diện tích tương ứng là $d\omega_1$ và $d\omega_2$ với lưu tốc tương ứng u_1 và u_2 . Sau thời gian dt , thể tích chất lỏng ở trong dòng nguyên tố giới hạn bởi hai mặt cắt AA và BB có vị trí mới là thể tích của dòng giới hạn bởi hai mặt cắt A'A' và B'B'. Ngoài ra, trong chuyển động ổn định, hình dạng của dòng nguyên tố không thay đổi theo thời gian, đồng thời chất lỏng không xuyên qua ống dòng nên không đi ra hay đi vào dòng nguyên tố.



Hình 1- 8

Trong dòng nguyên tố không có chỗ trống, đối với chất lỏng không nén được thì thể tích chất lỏng trong đoạn dòng nguyên tố giới hạn bởi hai mặt cắt utor AA và BB phải là một trị hằng số không đổi, tức là:

$$u_1 d\omega_1 dt = u_2 d\omega_2 dt \quad (1-36)$$

hay

$$u_1 d\omega_1 = u_2 d\omega_2 \quad (1-37)$$

trong đó: dt - thời gian chất lỏng chuyển động từ các mặt cắt (A-A), (B-B) lần lượt đến (A'-A') và (B'-B').

Phương trình (1-36) là phương trình liên tục của dòng nguyên tố. Do lưu lượng nguyên tố dq của dòng nguyên tố bằng: $dq = u.d\omega$ nên biểu thức (1-36) viết dạng khác là: $dq_1=dq_2$ hoặc $dq = \text{const.}$

Phương trình liên tục viết cho toàn dòng: Từ phương trình liên tục (1-36) của dòng nguyên tố ổn định, ta suy ra phương trình liên tục cho toàn dòng chảy ổn định. Ta tích phân phương trình (1-36) cho toàn bộ mặt cắt utor của dòng chảy.

$$\int u_1 d\omega_1 = \int u_2 d\omega_2 \quad (1-38)$$

Để tích phân nó ta đưa đại lượng vận tốc trung bình mặt cắt utor v tương ứng với mặt cắt utor ω sao cho $v.\omega = \int u d\omega$, do đó phương trình (1-37) viết thành:

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 \quad (1-39)$$

Trong đó: v_1, v_2 - lần lượt là vận tốc trung bình của dòng chảy ở vị trí mặt cắt utor thứ nhất và thứ hai; ω_1, ω_2 - lần lượt là diện tích mặt cắt utor thứ nhất và thứ hai.

Từ biểu thức (1-38) có thể dễ dàng rút ra nhận xét rằng: trong dòng chảy ổn định lưu tốc trung bình tỉ lệ nghịch với diện tích mặt cắt utor. Trong thực tế ở một đoạn suối ngắn hoặc trong một đoạn ống có đường kính khác nhau ta có thể quan sát được, chỗ nào rộng thì nước chảy chậm, chỗ nào hẹp thì nước chảy nhanh.

Phương trình liên tục thuộc loại phương trình động học chất lỏng nên dùng được cho cả chất lỏng lý tưởng và chất lỏng thực tế.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1

Câu 1. Hãy trình bày định nghĩa về thủy lực, chất lỏng theo nghĩa rộng và các tính chất vật lý cơ bản của chúng?

Câu 2. Hãy trình bày khái niệm, công thức và tính chất các lực tác dụng lên chất lỏng?

Câu 3. Hãy thành lập phương trình thủy cơ bản của thủy tĩnh học và nêu ý nghĩa của phương trình?

Câu 4. Hãy trình bày Định luật bình thông nhau, Định luật Pascal trong thủy lực và nêu ý nghĩa của các định luật này trong lĩnh vực thông gió và điều hòa không khí?

Câu 5. Hãy trình bày nội dung và ý nghĩa của các phương trình thủy động lực học?

Chương 2

KHÔNG KHÍ THÔNG GIÓ

2.1. Đặc điểm chủ yếu của không khí thông gió và các thành phần chủ yếu của không khí

2.1.1. Khái niệm thông gió và phân loại hệ thống thông gió

a) *Khái niệm*: Trong quá trình sản xuất và sinh hoạt trong đời sống hằng ngày, con người thường làm phát sinh ra các chất khí có hại, khí độc, khí nổ, bụi bẩn, nhiệt độ, độ ẩm,... làm ô nhiễm bầu không khí tại nơi làm việc (phân xưởng, nhà máy,...), nơi ở (các công trình kiến trúc để ở). Nếu không có biện pháp cải thiện bầu không khí ô nhiễm đó sẽ khiến cho con người ở trong đó dễ bị mệt mỏi, giảm năng suất lao động, nguy cơ mất an toàn, nguy hiểm đến tính mạng do ngộ độc khí độc, mắc bệnh nghề nghiệp hoặc làm giảm chất lượng cuộc sống,... Do đó, đặt ra yêu cầu cấp thiết phải thực hiện các biện pháp thông gió cho các công trình kiến trúc công nghiệp và nhà ở, để cải thiện bầu không khí trong những công trình đó - góp phần làm cho bầu không khí trong các công trình trong sạch hơn, cung cấp đủ dưỡng khí cần thiết, hòa loãng và thải bỏ các chất khí có hại, khí độc, đảm bảo duy trì các thông số như nhiệt độ, độ ẩm,... của không khí trong ngưỡng quy định, phù hợp với tâm sinh lý của con người, từ đó sẽ nâng cao mức độ an toàn, làm giảm nguy cơ mắc bệnh nghề nghiệp, duy trì sức khỏe cho con người, tăng mức độ an toàn, năng suất lao động và chất lượng cuộc sống.

Quá trình thông gió thực chất là quá trình nghiên cứu ứng dụng các kiến thức khoa học - kỹ thuật của nhiều lĩnh vực chuyên môn, các quy luật tự nhiên, để thay thế bầu không khí đã ô nhiễm trong các công trình kiến trúc nhà ở và công nghiệp bằng không khí mới trong sạch hơn từ môi trường bên ngoài.

b) *Phân loại hệ thống thông gió*:

1. Theo hướng chuyển động của luồng gió, người ta chia ra các loại sau:

- *Thông gió đẩy*: Không khí tươi sạch được thổi vào bên trong công trình, còn không khí ô nhiễm từ bên trong được thải bỏ ra bên ngoài qua các cửa thoát gió, khe hở của thông với bên ngoài nhờ sự chênh lệch cột áp;

- *Thông gió hút*: Không khí bị ô nhiễm được hút ra khỏi phòng và không khí sạch từ môi trường bên ngoài tràn vào phòng qua các cửa hút gió hoặc các khe hở nhờ sự chênh lệch cột áp;

- *Thông gió kết hợp*: Là phương pháp thông gió kết hợp của cả hai phương pháp thông gió hút và thông gió đẩy, đây là phương pháp thông gió hiệu quả nhất.

2. Theo động lực tạo ra thông gió, có:

- *Thông gió tự nhiên*: Là hiện tượng trao đổi không khí giữa trong nhà và ngoài trời nhờ chênh lệch cột áp. Thường cột áp chênh lệch là do nhiệt độ ở hai môi trường bên trong và bên ngoài công trình khác nhau là phổ biến nhất.

- *Thông gió cưỡng bức*: Quá trình thông gió thực hiện bằng các loại máy quạt gió.

3. Theo phương pháp tổ chức, thì có các phương pháp sau:

- *Thông gió tổng thể*: Là thông gió cho một khu vực chiếm phần lớn diện tích hoặc toàn bộ diện tích bên trong của công trình;

- *Thông gió cục bộ*: Là thông gió cho một khu vực nhỏ, đặc biệt trong phòng hay các phòng có sinh các chất khí độc hại, khí nổ, bụi bẩn.

2.1.2. Không khí và thành phần của nó

Không khí là một môi trường mà con người suốt cuộc đời sống, làm việc và nghỉ ngơi trong đó. Sức khoẻ, tuổi thọ và cảm giác nhiệt của con người phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp của không khí, độ trong sạch và đặc tính lý hoá của nó.

Ta có thể khẳng định rằng môi trường không khí vô cùng quan trọng và không thể thiếu được đối với sự sống của con người và các hệ sinh thái khác.

Nhiệm vụ của kỹ thuật thông gió là phải tạo ra môi trường không khí thật trong sạch có đầy đủ các thông số: nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ chuyển động của không khí phù hợp với yêu cầu mong muốn của con người và đáp ứng được yêu cầu công nghệ của các nhà máy.

Không khí là hỗn hợp của nhiều chất khí mà chủ yếu là khí nitơ, Oxi và một ít hơi nước. Ngoài ra trong không khí còn chứa một lượng nhỏ các chất khí khác như cacbonic, các chất khí trơ: Argon, Neon, Hêli, Ôzon... bụi, hơi nước và các vi trùng.

Không khí chứa hơi nước gọi là không khí ẩm, ngược lại là không khí khô. Thành phần hoá học của không khí khô tự nhiên tính theo phần trăm (%) thể tích và trọng lượng cho ở bảng 2.1

Bảng 2-1. Thành phần hoá học của không khí

Loại khí	Ký hiệu	Tỉ lệ theo thể tích, (%)	
		Thể tích	Trọng lượng
Nitơ	N ₂	78.08	75.6
Oxi	O ₂	20.95	23.1
Argon	Ar	0.93	1.286
Carbon dioxide	CO ₂	0.03	0.046
Neon, Hêli	Ne, He	Không đáng kể	Không đáng kể
Kríptôn, xenon	Kr, Xe	Không đáng kể	Không đáng kể
Hyđrô, ôzon	H ₂ , O ₃	Không đáng kể	Không đáng kể

Thành phần hơi nước trong không khí ẩm thay đổi theo thời tiết, theo vùng địa lý và theo thời gian trong ngày, trong năm.

Trong bảng 2-1 trình bày thành phần tự nhiên của không khí sạch. Trong thực tế, do hoạt động sinh hoạt, hoạt động công nghiệp và hoạt động giao thông vận tải của con người cũng như do tự nhiên mà trong không khí còn có nhiều chất khí độc: SO₂, NO₂, NH₃, H₂S, CH₄,... và hại làm ảnh hưởng lớn đến sức khoẻ con người và sinh vật nói chung.

2.1.3. Các thông số lý học của không khí ẩm

Chúng ta coi không khí ẩm là hỗn hợp của không khí khô và hơi nước. Trong phạm vi sai số cho phép của kỹ thuật ta có thể xem không khí ẩm là hỗn hợp của 2 chất khí lý tưởng, do đó tuân theo định luật Bon Mariot và Gay Lutzac viết phương trình trạng thái của chúng như sau:

- Đối với 1 kg không khí:

$$pV = RT \quad (2-1)$$

- Đối với G kg không khí:

$$pV = GRT \quad (2-2)$$

Trong đó:

p - Áp suất của chất khí, (mmHg; kG/m²);

V - Thể tích đơn vị của chất khí, (m³);

T - Nhiệt độ tuyệt đối của chất khí, (°K) và T = t + 273. Ở đây, t là nhiệt độ được xác định trong thang đo Celsius, (°C);