
NGUYÊN LÝ VÀ THIẾT BỊ TRONG NHÀ MÁY ĐIỆN



Dương Trung Kiên

Khoa_Quản lý năng lượng

Trường_ĐH Điện Lực

NỘI DUNG

- **Phần I: Cơ sở lý thuyết của máy năng lượng**
 - Chương 1: Cơ sở nhiệt động kỹ thuật
 - Chương 2 : Cơ sở trao đổi nhiệt
 - Chương 3: Cơ sở thủy khí động lực học
- **Phần II: Các thiết bị năng lượng nhiệt**
 - Chương 1: Lò hơi và nhiên liệu
 - Chương 2 : Là phản ứng và thiết bị sinh hơi của nhà máy điện nguyên tử
 - Chương 3: Tua bin hơi và tua bin khí
 - Chương 4: Nhà máy điện và điện nguyên tử
- **Phần III: Thủy điện**
 - Chương 1: Tua bin thủy điện
 - Chương 2: Nhà máy thủy điện và cơ sở xác định công suất nhà máy thủy điện
- **Phần IV: Vận hành các thiết bị năng lượng**

Chương 1: Cơ sở nhiệt động kỹ thuật

I. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐỊNH LUẬT THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

- **Nhiệt động học** là khoa học về quy luật biến đổi năng lượng mà trong đó chỉ xem xét những biến đổi cơ năng và nhiệt năng.
- **Hệ nhiệt động học**: Là hệ các vật nằm trong mối tương tác với nhau và với môi trường xung quanh.
 - Ví dụ: Khí được nén hoặc giãn nở trong xi lanh có pittông chuyển động
- **Các thông số nhiệt động học cơ bản** biểu diễn trạng thái của hệ: Nhiệt độ T , thể tích riêng v , áp suất tuyệt đối p .

Các thông số này có mối quan hệ phụ thuộc vào nhau và thể hiện bằng phương trình trạng thái của môi chất

Khí lý tưởng

- **Khí lý tưởng được hiểu** là một tập hợp (chất khí) gồm các phần tử vật chất đàn hồi có thể tích không đáng kể và không có lực tương tác giữa chúng.
- Phương trình trạng thái đối với 1kg khí lý tưởng (Phương trình Clapayron):

$$pv=RT$$

- R: Hằng số chất khí, nó là công có thể thực hiện được bởi 1kg khí khi nung nóng lên 1K (J/kg.K)

Chất khí bất kỳ

- Theo định luật Avôgađrô:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1\text{Kmol chất khí bất kỳ} \\ P=760 \text{ mmHg}=1,01325 \cdot 10^5 \text{ kPa} \\ T=273,16\text{K} \end{array} \right. \Rightarrow v=22,4\text{m}^3$$

- Hằng số chất khí:

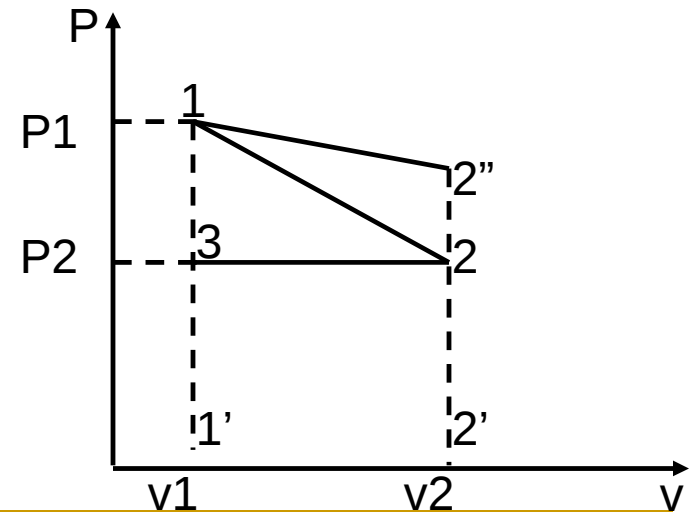
$$R_{\mu} = \frac{pv_{\mu}}{T} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 22,4}{273,16} = 8314 (J / \text{kmol} \cdot K)$$

- Đối với Mkg chất khí phương trình trạng thái

$$pv=MRT$$

Quá trình nhiệt động học

- **Quá trình nhiệt động học** là quá trình thay đổi liên tục trạng thái của môi chất được gây ra bởi sự tương tác của nhiệt hoặc cơ học hoặc kết hợp nhiệt-cơ với môi trường xung quanh.
- **Biểu diễn quá trình nhiệt động học bằng biểu đồ p-v**
 - Trạng thái môi chất biểu thị bằng một điểm
 - Quá trình thay đổi trạng thái biểu diễn bằng các đường



Công thay đổi thể tích chất khí

- Khi thông số chất khí thay đổi có nghĩa là đã có sự thực hiện hoặc tiêu thụ một công nào đó. Khi 1kg chất khí giãn nở trong xilanh có pittông => Nó sẽ thực hiện một công giãn nở (công thay đổi thể tích)

$$dl = pFds = pdv$$

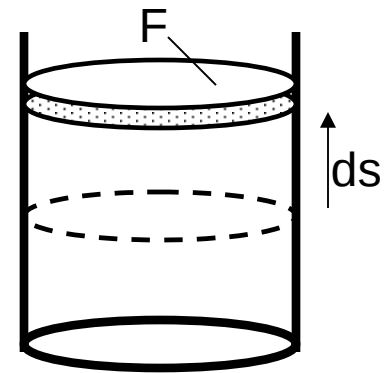
Trong đó:

p -là áp suất tuyệt đối chất khí

F -Tiết diện của pittông

ds -Độ dài pittông đi được

dv -Số gia thể tích chất khí khi giãn nở



- Khi thay đổi trạng thái từ 1=>2 đơn vị công thay đổi thể tích được xác định.(diện tích 1-2-2'-1')

$$l = \int_1^2 pdv$$

Nhiệt năng

- **Nhiệt năng**: là dạng năng lượng liên quan đến sự chuyển động của các phân tử và tương tác giữa các phân tử.

Một sự thay nhiệt lượng dQ của một khối lượng vật chất M sẽ tỷ lệ với khối lượng và sự thay đổi nhiệt độ của vật

$$dQ = cMdT$$

$$Q = M \int_1^2 cdT$$

Trong đó: c -nhiệt dung riêng khối lượng, được tính bằng lượng nhiệt năng cần thiết để đưa một đơn vị khối lượng vật chất thay đổi $1K$ trong một quá trình nhiệt động nào đó, đơn vị $J/kg.K$

Khi nhiệt dung riêng có giá trị không đổi $c = \text{const}$

$$Q = cM(T_2 - T_1)$$

Nội năng và hàm trạng thái

- **Nội năng vật thể** bằng tổng nội động năng và nội thế năng
 - Trong quá trình cung cấp nhiệt năng nếu không sinh ra công thì toàn bộ lượng nhiệt năng cung cấp sẽ tiêu dùng để làm tăng năng nội năng $\Delta U(J)$.
 - Nội năng được xác định bởi các thông số trạng thái, không phụ thuộc vào việc nó đạt trạng thái đó bằng cách nào. Nói cách khác nó là hàm trạng thái.
- **Hàm trạng thái:**
 - Sự thay đổi của hàm trạng thái khi chuyển từ trạng thái có giá trị các thông số trạng thái $P_0, v_0, T_0 \Rightarrow$ giá trị P_1, v_1, T_1 không phụ thuộc vào cách thức chuyển.
 - Nếu vật chất tham gia lần lượt vài quá trình và cuối cùng quay lại trạng thái ban đầu thì hàm trạng thái không thay đổi.

Định luật nhiệt động học thứ nhất

- Trong một quá trình môi chất được cung cấp một lượng nhiệt năng $dQ \Rightarrow$ làm thay đổi nội năng dU và thực hiện một công dL .

\Rightarrow Theo định luật bảo toàn: $dQ = dU + dL$

$$dQ = dU + pdV \quad (1)$$

\Rightarrow Đối với 1kg môi chất:

$$dq = du + pdv \quad (2)$$

(1) và (2) là biểu diễn toán học của định luật nhiệt động học thứ nhất.

Định luật nhiệt động học thứ nhất thực chất là trường hợp riêng của định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng ứng với quá trình nhiệt

II. CÁC QUÁ TRÌNH NHIỆT ĐỘNG . ĐỒ THỊ T,s VÀ i,s . CHU TRÌNH TUẦN HOÀN

Các quá trình nhiệt động học:

- Quá trình đẳng tích ($v=\text{const}$)
- Quá trình đẳng áp ($p=\text{const}$)
- Quá trình đẳng nhiệt ($T=\text{const}$)
- Quá trình đoạn nhiệt ($dq=0$)-là quá trình xảy ra không có sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh.
- Quá trình đa biến ($dl/dq=\varphi$)-quá trình xảy ra ở bất cứ tỷ lệ nào giữa công sinh ra bởi vật chất và nhiệt năng cung cấp cho nó.

Quá trình đẳng tích ($v=\text{const}$)

- Phương trình trạng thái

$$p_1/T_1 = p_2/T_2$$

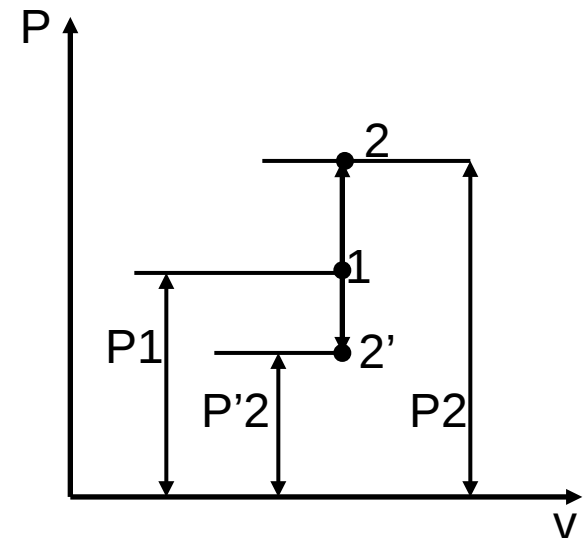
- Môi chất không thực hiện công ngoài nên phương trình nhiệt động học thứ nhất : $dq=du+pdv$

$$dq=du$$

- Theo khái niệm nhiệt dung riêng: $dq=c_v dT$

$$\Rightarrow du=c_v dT$$

\Rightarrow Sự thay đổi nội năng trong quá trình đẳng tích có thể được xác định qua nhiệt dung riêng chất khí và nhiệt độ đặc trưng cho quá trình



Quá trình đẳng áp ($P=\text{const}$)

- Phương trình trạng thái

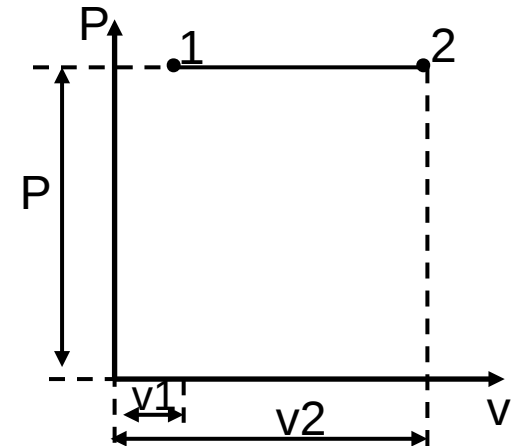
$$v_1/T_1 = v_2/T_2$$

- Phương trình nhiệt động học thứ nhất trong quá trình đẳng áp: **$dq=du+dl$**

Biểu thức tính nội năng: $\Delta u = c_v(T_2 - T_1)$

Công ngoài : $l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = p(v_2 - v_1) = R(T_2 - T_1)$

$$q_p = c_v(T_2 - T_1) + \int_{v_1}^{v_2} p dv = c_v(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) = (c_v + R)(T_2 - T_1)$$



Phương trình Meier và Entanpi

■ Phương trình Meier:

Nhiệt dung riêng khí lý tưởng trong quá trình đẳng áp c_p , với 1kg chất

$$\text{khí: } q_p = c_p(T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow c_p = c_v + R \Leftrightarrow c_p - c_v = R$$

Phương trình Meier thể hiện mối quan hệ giữa nhiệt dung riêng khi thể tích không đổi và khi áp suất không đổi

■ Entanpi

Thêm vdp vào 2 vế của pt nhiệt động học thứ nhất

$$dq + vdp = du + pdv + vdp = du + d(pv) = d(u + pv)$$

$$\text{Đặt } u + pv = i \Rightarrow dq = di - vdp$$

Đại lượng i (J/kg) được gọi là Entanpi. Entanpi là thông số trạng thái vì nó chỉ phụ thuộc vào u, p, v .

$$l = \int_1^2 di = i_2 - i_1$$

■ Quan hệ Entanpi và quá trình đẳng áp: $dq = di \Rightarrow$

Như vậy trong quá trình đẳng áp nhiệt lượng cung cấp bằng sự thay đổi Entanpi. Entanpi còn có thể biểu diễn qua sự thay đổi nhiệt độ:

$$i_2 - i_1 = c_p(T_2 - T_1)$$

Quá trình đẳng nhiệt ($T=\text{const}$)

- Phương trình trạng thái với quá trình đẳng nhiệt (Phương trình Bôi-Mariôt):

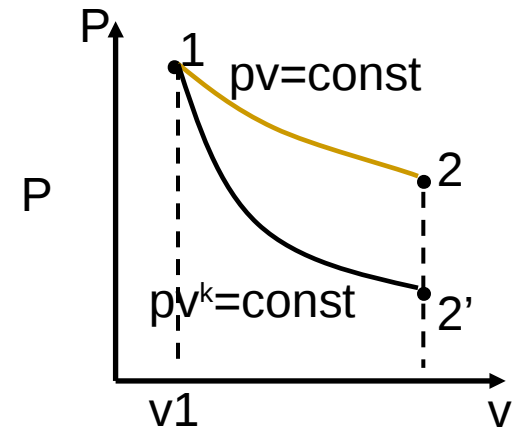
$$pv=\text{const}$$

Sự thay đổi nội năng chất khí và sự thay đổi Entanpi đều bằng không:

$$du=0 \text{ và } di=0$$

- Phương trình nhiệt động học thứ nhất trong quá trình đẳng nhiệt: $dq=du+dl \Rightarrow dq=dl$

$$l = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} \frac{RT}{v} dv = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$



Quá trình đoạn nhiệt

- Quá trình đoạn nhiệt là quá trình trong đó không có sự trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh. $dq=0$
- Phương trình nhiệt động học thứ nhất trong quá trình đoạn nhiệt: **$dq=du+dl$**

$$du+dl=c_v dT+p dv=0$$

$$dl=-du \text{ hay } p dv=-c_v dT$$

Công trong quá trình được thực hiện nhờ sự thay đổi nội năng chất khí.

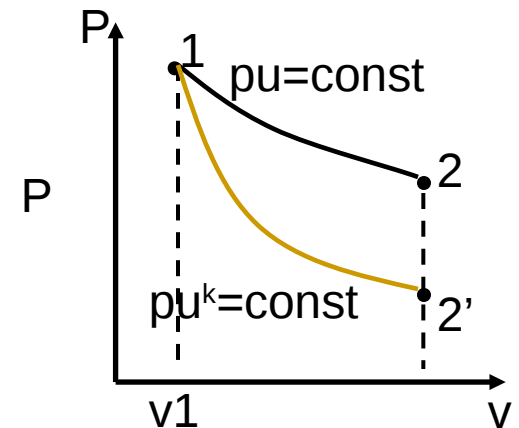
$$c_v dT + \frac{RT}{v} dv = c_v dT + \frac{c_p - c_v}{v} T dv = 0$$

$$\frac{dT}{T} + \left(\frac{c_p}{c_v} - 1\right) \frac{dv}{v} = 0$$

Ký hiệu $k=c_p/c_v$

$$p_1 v_1^k = p_2 v_2^k = \text{const}$$

$$T_1 p_1^{\frac{1-k}{k}} = T_2 p_2^{\frac{1-k}{k}} = \text{const}$$



Quá trình đa biến

- Xét đại lượng thể hiện mối quan hệ công thực hiện của môi chất và nhiệt năng cung cấp trong quá trình đa biến

$$\phi = \frac{dl}{dq} = \frac{dp - du}{dq} = 1 - \frac{du}{dq} = 1 - \frac{c_v}{c_p}$$

- Quá trình đa biến là quá trình trong đó công thực hiện bởi môi chất tỷ lệ với nhiệt năng cung cấp, và tỷ lệ đó không đổi trong toàn bộ quá trình.
- Định luật nhiệt động học thứ nhất đối với quá trình đa biến:

$$dq = du + dl$$

Thay

$$dq = cdT \quad \text{và}$$

$$p = \frac{RT}{v} = \frac{c_p - c_v}{v} T$$

$$\text{hoặc} \quad cdT = c_v dT + (c_p - c_v) T \frac{dv}{v} \quad (*)$$

$$(c - c_v) \frac{dT}{T} = (c_p - c_v) \frac{dv}{v}$$

Các phương trình đa biến

- Tích phân phương trình (*) $\ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{c_p - c_v}{c - c_v} \ln \frac{v_2}{v_1}$

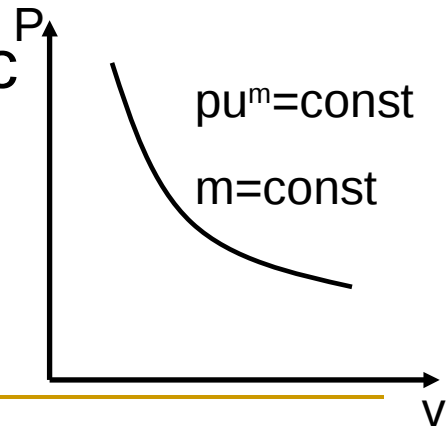
Đặt $\frac{c - c_v}{c - c_v} = m$ gọi là chỉ số đa biến

$$T_1 v_1^{m-1} = T_2 v_2^{m-1} = T v^{m-1}$$

- Áp dụng phương trình Clapayron ta được

$$p_1 v_1^m = p_2 v_2^m = p v^m$$

$$T_1 P_1^{\frac{1-m}{m}} = T_2 P_2^{\frac{1-m}{m}} = T P^{\frac{1-m}{m}}$$



Entropi

- Entropi

$$dq = c_v dT + p dv \Rightarrow \frac{dq}{T} = c_v \frac{dT}{T} + R \frac{dv}{v}$$

Đặt $\frac{dq}{T} = ds$

Đại lượng s (J/kg.K) được gọi là Entropi.

$T > 0$ nên dấu (chiều) của Entropi xác định dấu (chiều) thay đổi nhiệt năng. $ds > 0$ nhiệt năng cung cấp cho vật thể và ngược lại.

- Tính Entropi $s - s_0 = c_v \ln \frac{T}{T_0} + R \ln \frac{v}{v_0} = c_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{Tv_0}{T_0 v} = c_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{p}{p_0}$

Chọn điểm đầu có thông số T_0, p_0, v_0 Entropi bằng không.

$$s = c_v \ln \frac{T}{T_0} + R \ln \frac{v}{v_0} = c_p \ln \frac{T}{T_0} - R \ln \frac{p}{p_0}$$

Sự thay đổi Entropi

- Sự thay đổi Entropi trạng thái 1-2:

$$s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

- Quá trình đẳng tích: $s_2 - s_1 = c_v \ln \frac{T_2}{T_1}$

- Quá trình đẳng áp: $s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$

- Quá trình đẳng nhiệt: $s_2 - s_1 = R_v \ln \frac{v_2}{v_1} = -R \ln \frac{P_2}{P_1}$

- Quá trình đoạn nhiệt: $dp=0$ và $ds=0 \Rightarrow s=\text{const}$. Nên quá trình này còn được gọi là quá trình đẳng Entropi

- Quá trình đa biến: $s_2 - s_1 = (c_p - R \frac{m}{m-1}) \ln \frac{T_2}{T_1} = c \ln \frac{T_2}{T_1}$

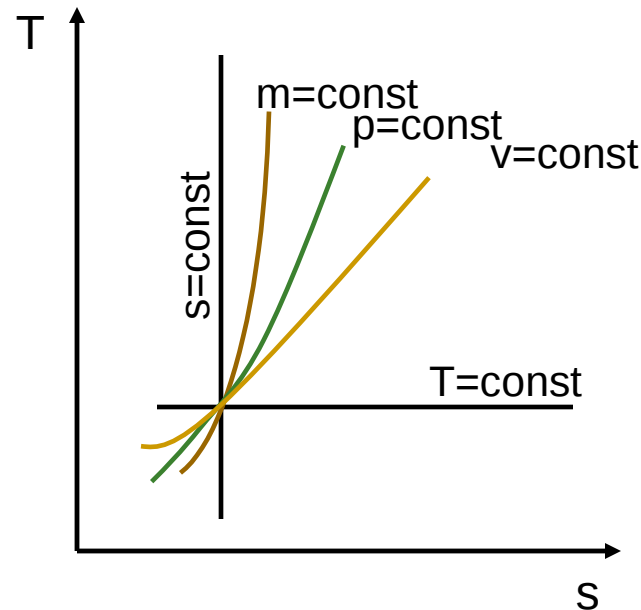
Xác suất nhiệt động học

- Xác suất nhiệt động học là số trạng thái vi tinh thể (tế vi) của hệ thống tạo nên trạng thái vĩ mô của nó (trạng thái nhiệt động học hệ thống).
- Entropi và xác suất nhiệt động học là những đại lượng tương quan. $S = \varphi(w)$
Biểu thức quan hệ: $S = k \ln W$
Trong đó: k hằng số Boltzman

Đồ thị nhiệt năng

- Diện tích dưới các đường thay đổi trạng thái môi chất trong đồ thị T,s tương ứng với nhiệt năng cung cấp:

$$Q_{1-2} = \int_1^2 T ds$$



Đồ thị T-s đối với khí lý tưởng

Chu trình tuần hoàn

- Chu trình tuần hoàn là quá trình đường tròn.

Ví dụ như quá trình A-1-B-2-A như hình vẽ

- Trên đoạn A-1-B entropi tăng \Rightarrow nhiệt năng cung cấp cho môi chất một lượng:

$$q_1 = \int_A^B T_p ds$$

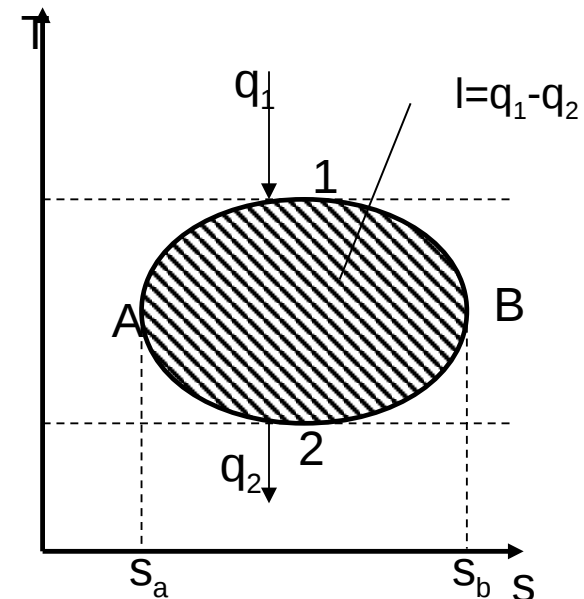
- Trên đoạn B-2-A entropi giảm \Rightarrow nhiệt năng tỏa ra từ môi chất một lượng:

$$q_2 = \int_A^B T'_p ds$$

- Tổng đại số lượng điện năng nhận được và tỏa ra được biến thành công của quá trình:

$$l = q_1 - q_2$$

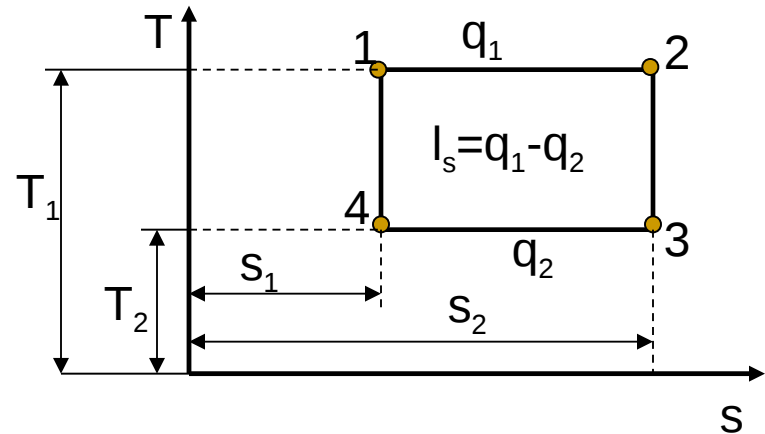
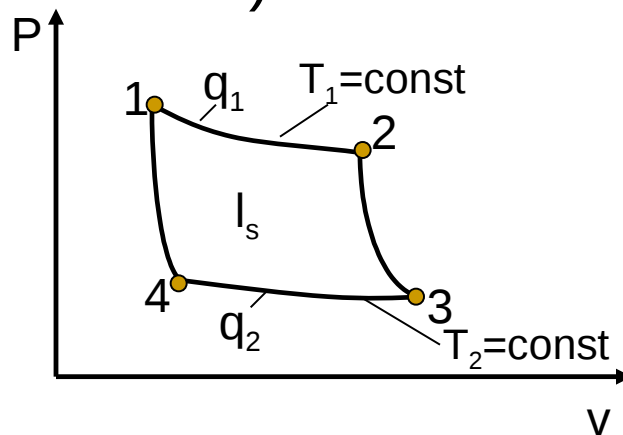
- Tỷ lệ giữa công sinh ra của môi chất trong quá trình và lượng nhiệt cung cấp gọi là hệ số nhiệt ích (hiệu suất nhiệt) của chu trình: $\eta = \frac{l}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$



Đồ thị T-s đối với chu trình tuần hoàn

1.3 ĐỊNH LUẬT NHIỆT ĐỘNG HỌC THỨ HAI

- *Định luật:* Trong động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình không thể chuyển toàn bộ nhiệt năng cấp từ nguồn nóng tới môi chất thành công năng, một phần nhiệt năng đó sẽ thất thoát tới nguồn lạnh.
- *Chu trình Karno:* Chu trình được thực hiện với hai nguồn nóng và lạnh. Trong chu trình gồm có hai quá trình đẳng nhiệt (1-2 và 3-4) và hai quá trình đoạn nhiệt (2-3 và 4-1)



Chu trình Karno trong đồ thị p,v và T,s

Hiệu suất nhiệt trong chu trình

Karno

- $\eta = 1 - q_2/q_1 = 1 - T_2/T_1$

Hiệu suất chu trình Karno chỉ phụ thuộc nhiệt độ nguồn nóng và nguồn lạnh, không phụ thuộc tính chất của môi chất.

- Đối với quá trình thuận nghịch:

$$\eta_T^{\text{OaK}} = T_1 - T_2 / T_1$$

- Đối với quá trình không thuận nghịch bất kỳ

$$\eta_T^{\text{HS}} = Q_1 - Q_2 / Q_1$$

- Có $\eta_T^{\text{HS}} < \eta_T^{\text{OaK}} \Leftrightarrow Q_2/T_2 > Q_1/T_1$

⇒ Trong hệ cô lập Entropi của hệ không thể giảm:

$$ds_{\text{cuct}} \geq 0$$

Dấu bằng với quá trình thuận nghịch và dấu lớn hơn với quá trình không thuận nghịch.

1.4 TÍNH CHẤT NHIỆT ĐỘNG HỌC CỦA NƯỚC VÀ HƠI NƯỚC

- Xem xét quá trình đun nóng nước ở áp suất không đổi có thể chia thành 3 khoảng đặc trưng.

- **Khoảng AB** tương ứng quá trình làm nóng tới nhiệt độ (t_h) có sự tạo hơi. (Gọi là nhiệt độ sôi hay nhiệt độ bão hoà)

- **Khoảng BC** diễn ra quá trình sinh hơi.

-Hơi sinh ra được gọi là hơi bão hoà và đặc trưng bởi độ khô x : $x = M_R / (M_R + M_B)$

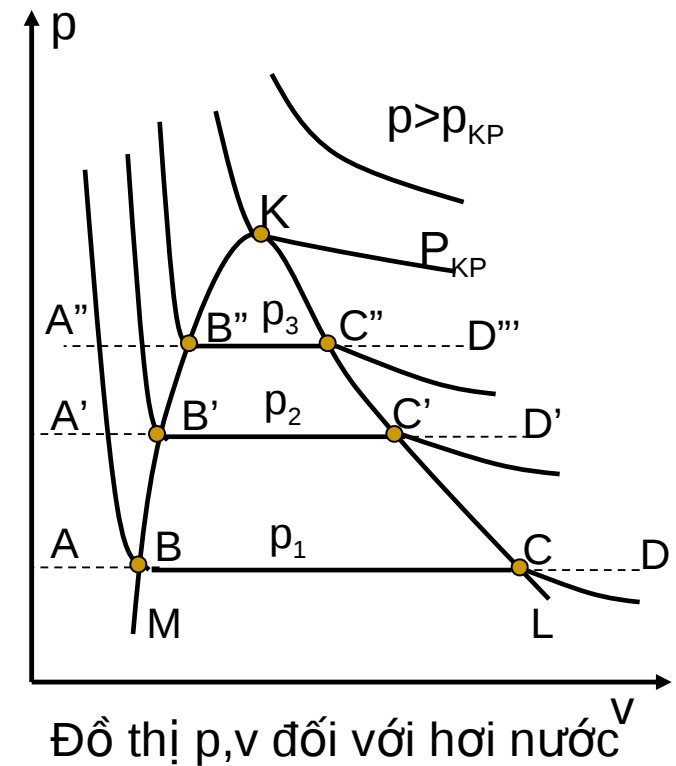
M_R, M_B Khối lượng hơi và nước trong hơi ẩm

-Nhiệt độ cần biến đổi 1kg nước sôi=>hơi gọi là nhiệt hoá hơi: r

-Tại điểm C kết thúc quá trình bay hơi, hơi tại đây gọi là hơi bão hoà

- **Khoảng CD**. Lúc này sự cấp nhiệt sẽ làm tăng nhiệt độ hơi.

- $t > t_{bh}$ hơi gọi là hơi quá nhiệt



Đường giới hạn và điểm tới hạn

- Đường KM nối tất cả các điểm bắt đầu sự sôi gọi là đường giới hạn dưới, đường KL nối tất cả các điểm kết thúc quá trình tạo hơi gọi là đường giới hạn trên.
- Điểm K nằm trên đường đẳng áp $p=22,129\text{MPa}$, là điểm cắt của đường KM và KL, gọi là điểm tới hạn. Tại K: $t_K=374,15^\circ\text{C}$, $P_K=22,129\text{MPa}$, $v_K=0,00326\text{m}^3/\text{kg}$
- Thể tích riêng, entropi, nội năng và entanpi của nước sôi ký hiệu là: v',s',u',i' . Của hơi bão hoà là: v'',s'',u'',i'' .
Nội năng với mọi thông số: $u=i-pv$
- Mối quan hệ giữa hơi ẩm, nước sôi và hơi bão hoà

$$v_{h.a} = v''x + v'(1-x)$$

$$s_{h.a} = s''x + s'(1-x)$$

$$i_{h.a} = i''x + i'(1-x)$$

Xác định lượng nhiệt năng cung cấp trong quá trình

- Quá trình đẳng áp $p = \text{const}$:

$$q = i - 1_0$$

- Quá trình đẳng tích $v = \text{const}$:

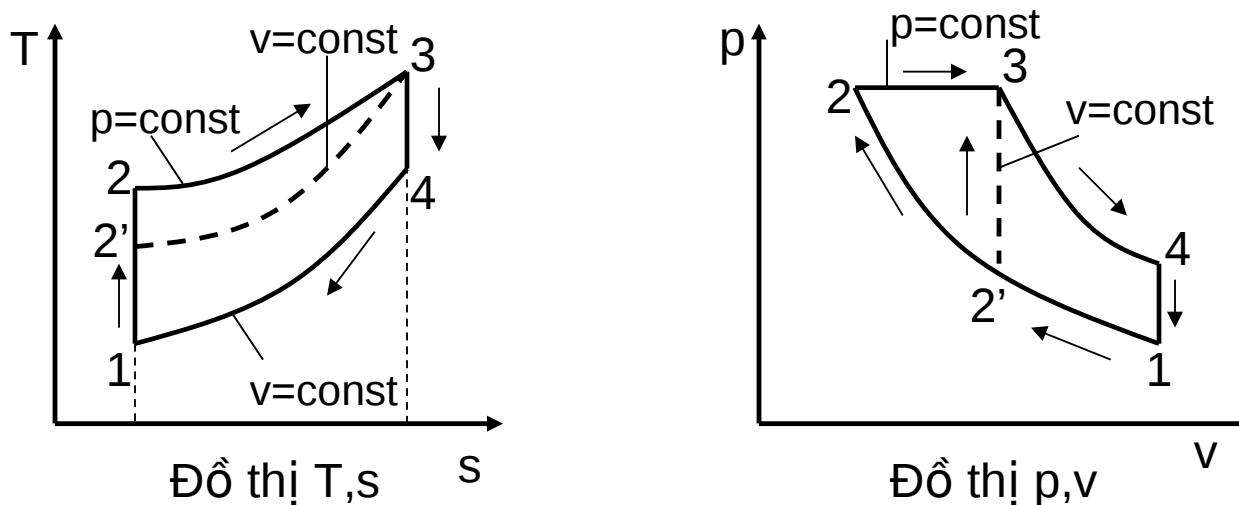
$$q = u - u_0 = (i - pv_0) - (i_0 - p_0v_0) = i - i_0 - v_0(p - p_0)$$

- Nhiệt năng cung cấp trong quá trình sinh hơi

$$q = r = i'' - i' = T_{bh}(s'' - s')$$

1.5 CHU TRÌNH ĐỘNG CƠ NHIỆT

- **Chu trình động cơ đốt trong:** Nhiệt năng được lấy trong quá trình $v=\text{const}$ (đường 1-4), còn cấp nhiệt khi $p=\text{const}$ hoặc $v=\text{const}$ (đường 2'-3)



Quá trình lý tưởng động cơ đốt trong

1.5 CHU TRÌNH ĐỘNG CƠ NHIỆT

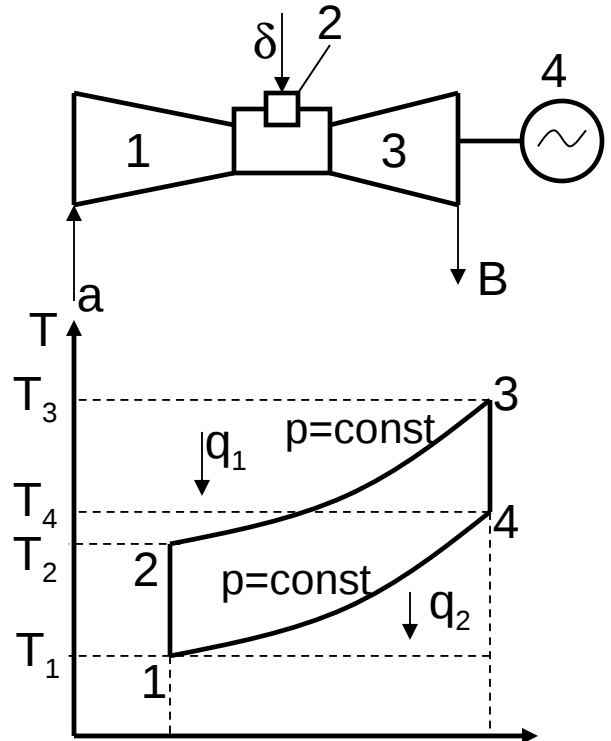
Chu trình thiết bị tuốc bin khí: Nhiệt năng được thực hiện ở áp suất không đổi.

- Quá trình nén đoạn nhiệt tương ứng sự nén không khí trong máy nén (đường 1-2)
- Quá trình cấp nhiệt đẳng áp tương ứng quá trình cháy nhiên liệu trong buồng đốt ở áp suất không đổi (đường 2-3)
- Quá trình giãn nở đoạn nhiệt tương ứng sự giãn nở sản phẩm cháy trong tuốc bin khí (đường 3-4)
- Quá trình đẳng áp cuối cùng toả nhiệt từ môi chất (đường 4-1)

Hiệu suất nhiệt của chu trình

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\lambda^{\frac{k-1}{k}}} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}$$

$\lambda = p_1/p_2$ - Độ tăng áp suất trong thiết bị tuốc bin khí; $\epsilon = v_1/v_2$ - Độ é n không khí



Chu trình và sơ đồ thiết bị tuốc bin khí

a-cấp không khí; δ -cấp nhiên liệu; *B*-thoát khí; 1-máy nén khí; 2-buồng đốt; 3-tuốc bin; 4-máy

phát

Chu trình Renkin

■ Các giai đoạn của chu trình Renkin

- Đoạn 4-5 cấp nhiệt đẳng áp trên. Tương ứng với đun nước tới nhiệt độ bão hoà
- Đoạn 5-6 sự sinh hơi
- Đoạn 6-2' giãn nở hơi trong tuốc bin đẳng entropi
- Đoạn 2'-3 dẫn nhiệt năng tới nguồn lạnh (Ngưng hơi)
- Đoạn 3-4 quá trình nén đoạn nhiệt (bơm nước)

■ Tổn thất nhiệt năng trong nguồn lạnh:

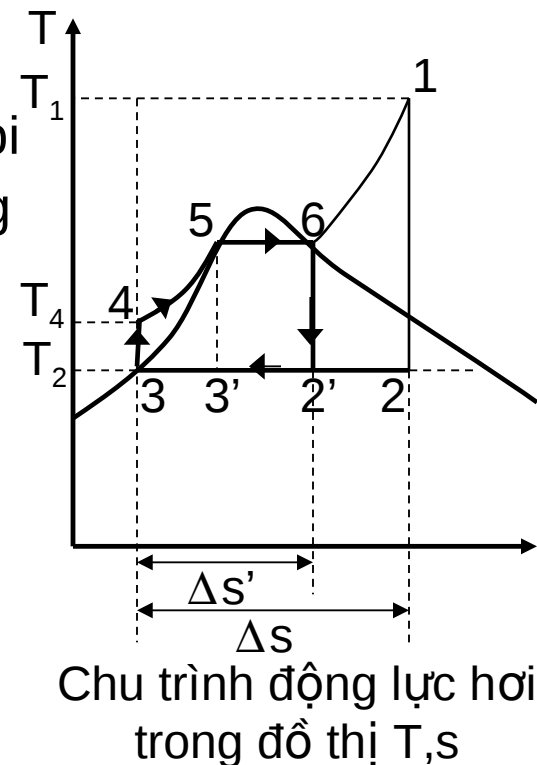
$$q_2 = T_2 \Delta s' = i_2' - i_3$$

■ Nhiệt năng cung cấp trong chu trình: $q_1 = i_6 - i_4$

■ Công thức hiện bởi tuốc bin: $l = i_6 - i_2'$

$$\eta_t = \frac{l_{ci}}{q_1} = \frac{i_6 - i_2'}{i_6 - i_3}$$

■ Hiệu suất của chu trình:



CHƯƠNG 2 - CƠ SỞ TRAO ĐỔI

NHIỆT

2.1 CÁC DẠNG TRAO ĐỔI NHIỆT

- Trao đổi nhiệt là quá trình truyền nội năng thuận nghịch trong không gian và được quy ước bằng chênh lệch giá trị nhiệt độ.
- Điều kiện cần để truyền nhiệt năng là có sự chênh lệch nhiệt độ (nhiệt chỉ có thể chuyển từ vùng có nhiệt độ cao hơn tới vùng có nhiệt độ thấp hơn)
- Nhiệt có thể truyền bằng 3 cách: Dẫn nhiệt, đối lưu, và bức xạ

Dẫn nhiệt, đối lưu nhiệt và bức xạ nhiệt

- **Dẫn nhiệt** là quá trình di chuyển các phân tử nhiệt trong môi trường đặc và được đặc trưng bởi trường nhiệt độ (gradient nhiệt độ)..
- **Đối lưu nhiệt** là quá trình truyền nhiệt từ một phần không gian này tới phần khác bằng cách di chuyển các thể tích chất lỏng hoặc chất khí trong trường hợp không gian sự phân bố nhiệt là không đồng nhất. (Quá trình đồng thời đối lưu nhiệt và dẫn nhiệt được gọi là quá trình *trao đổi nhiệt đối lưu*)
- **Bức xạ nhiệt** là quá trình biến đổi nội năng, nhiệt năng của vật chất thành năng lượng các tia (năng lượng bức xạ) và truyền vào môi trường xung quanh.

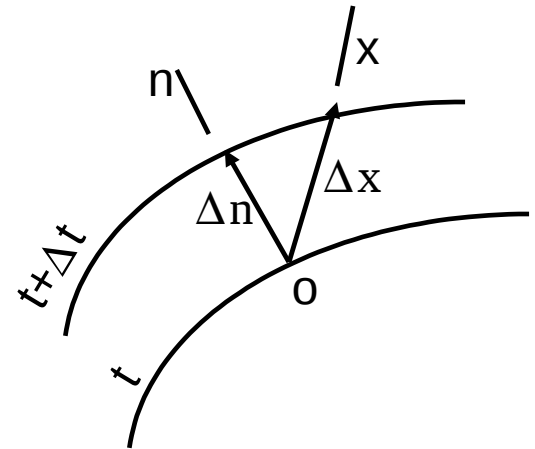
2.2 ĐỘ DẪN NHIỆT

- Khi truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt, giá trị nhiệt độ tức thời tại tất cả các điểm trong không gian khảo sát được gọi là trường nhiệt độ.
- Nếu nhiệt độ chỉ là hàm số của các tọa độ không gian thì gọi là trường nhiệt độ dừng hay trường xác lập (ổn định). Nếu nhiệt độ còn phụ thuộc thời gian thì là trường nhiệt độ không dừng hay không xác lập (không ổn định)
- Xét hai mặt đẳng nhiệt t và $t+\Delta t$

Giới hạn tỉ lệ thức giữa sự thay đổi nhiệt độ Δt với khoảng cách giữa các mặt đẳng nhiệt theo phương pháp tuyến n là Gradient nhiệt độ.

Gradient nhiệt độ là một đại lượng véc tơ hướng trùng với phương pháp tuyến bề mặt đẳng nhiệt, chiều dương là chiều tăng nhiệt độ

$$\text{grad}t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta t / \Delta n) = \partial t / \partial n$$



Dòng nhiệt

- **Dòng nhiệt** là lượng nhiệt năng Q đi qua bề mặt đẳng nhiệt F trong một đơn vị thời gian.
- Dòng nhiệt q trên 1m^2 bề mặt được gọi là **dòng nhiệt riêng** (W/m^2). Hay **mật độ dòng nhiệt**, hoặc **tải trọng nhiệt** của bề mặt nung nóng.

$$q = Q/F$$

Q và q là các véc tơ có hướng theo hướng pháp tuyến tới bề mặt đẳng nhiệt, chiều dương là chiều giá trị nhiệt độ giảm.

Định luật dẫn nhiệt cơ bản (Fourier): Mật độ dòng nhiệt tỷ lệ với gradient nhiệt độ

$$q = -\lambda \text{grad}t = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$$

λ -Hệ số tỷ lệ và được gọi là hệ số dẫn nhiệt. Có giá trị bằng nhiệt năng truyền bằng dẫn nhiệt trong 1s từ 1m^2 một bên mặt đẳng nhiệt tới 1m^2 bề mặt đẳng nhiệt khác cách đó 1m , khi độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt này là 1K . $\text{W}/(\text{m.K})$

Với các vật liệu khác nhau λ xác định bằng thực nghiệm: $\lambda_t = \lambda_0 [1 + b(t - t_0)]$

λ_0 và λ_t -hệ số dẫn nhiệt tại nhiệt độ t_0 và t . b - hệ số xác định từ thực nghiệm

Dẫn nhiệt của vách phẳng

- Đối với vách phẳng đồng nhất các mặt đầu mút là cách nhiệt, còn các mặt phẳng kia là mặt đẳng nhiệt với nhiệt độ t_{ct1} và t_{ct2} , công suất dòng nhiệt truyền qua vách theo phương pháp tuyến với bề mặt vách phẳng

$$Q = -\lambda F \frac{dt}{dn}$$

- Xét phương pháp tuyến trùng trục x và $\frac{dt}{dy} = \frac{dt}{dz} = 0$

$$dt = -\frac{Q}{\lambda F} dx \Rightarrow Q = \lambda F \frac{t_{CT1} - t_{CT2}}{\delta}$$

Với δ là độ dày vách

- Mật độ dòng nhiệt khi truyền nhiệt qua vách phẳng bằng dẫn nhiệt tỷ lệ thuận với hiệu nhiệt độ và tỷ lệ nghịch với độ dày của vách

$$q = \lambda \frac{t_{CT1} - t_{CT2}}{\delta}$$

Nhiệt trở dẫn nhiệt của vách

- Biểu thức nhiệt có thể viết dưới dạng định luật Ôm trong kỹ thuật điện:

$$q = \lambda \frac{t_{CT1} - t_{CT2}}{\delta} = \frac{t_{CT1} - t_{CT2}}{R}$$

Trong đó $R = \delta / \lambda$ - nhiệt trở dẫn nhiệt của vách

- Đối với vách được tạo thành từ n lớp ép sát nhau và không có khe hở

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \Rightarrow q = \frac{\Delta t}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$$

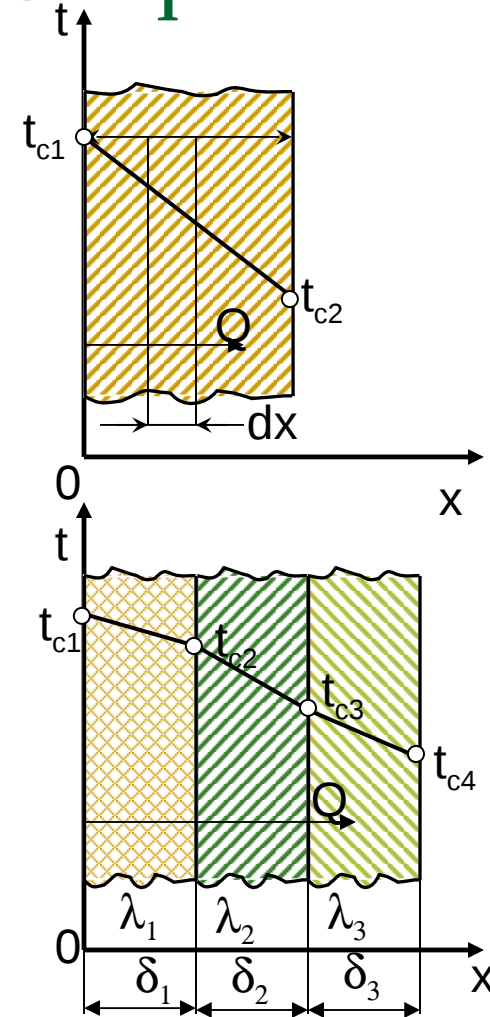
Sự thay đổi nhiệt vách phẳng khi có một lượng nhiệt năng truyền qua

- Đối với vách một lớp:

$$\Delta t = t_{CT1} - t_{CT2} = q \frac{\delta}{\lambda}$$

- Đối với vách nhiều lớp

$$\Delta t = qR = q \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$



Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt qua vách trụ

■ **trụ** theo định luật Furie: $Q = -\lambda F \frac{\partial t}{\partial n} \Rightarrow dt = -\frac{Q}{2\pi r l \lambda} \frac{dr}{r}$

Trong đó: r-đường kính ống

l-chiều dài hình trụ

Dòng nhiệt hướng theo bán kính từ tâm tới mặt ngoài và bề mặt là $F = 2\pi r l$

■ Sự thay đổi nhiệt qua vách trụ

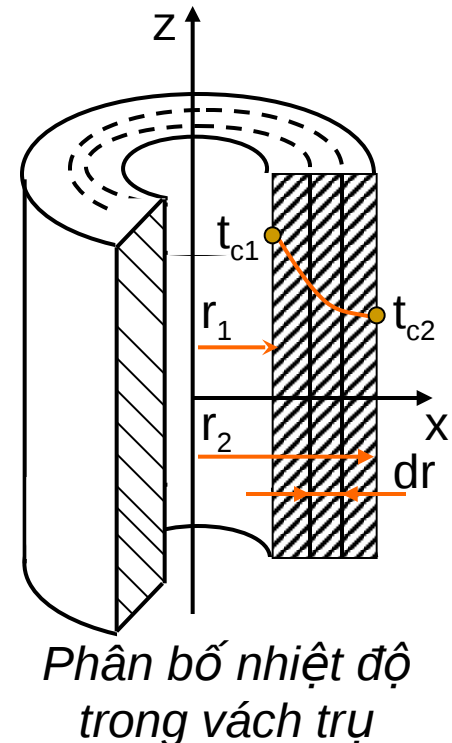
$$\Delta t = t_{c1} - t_{c2} = -\frac{Q}{2\pi l \lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Trong đó: r_2 -Bán kính mặt ngoài vách trụ

r_1 -Bán kính mặt trong vách trụ

■ Nhiệt trở dẫn nhiệt lớp trụ:

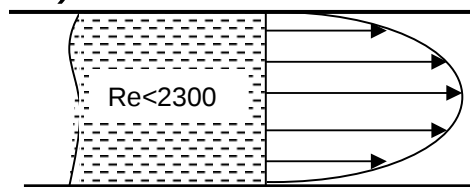
$$R = -\frac{1}{2\pi l \lambda} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad \text{hay} \quad R = -\frac{1}{2\pi l \lambda} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i \ln \frac{r_{i3}}{r_{i+1}}}$$



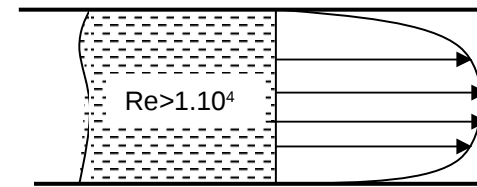
2.3 TRAO ĐỔI NHIỆT ĐỐI LƯU

- Những nhân tố ảnh hưởng tới quá trình trao đổi nhiệt đối lưu
 - Nguyên nhân gây ra chuyển động: Tự nhiên, cưỡng bức
 - Chế độ chảy rối hay chảy tầng.

Đặc tính chuyển động của chất lỏng thể hiện qua tiêu chuẩn Reynol: $Re = \bar{v} d_{dt} / \nu$ (\bar{v} - vận tốc trung bình chất lỏng (m/s), d_{dt} - đường kính tương đương của kênh chảy, ν - hệ số nhớt động học (m^2/s),



Chảy tầng



Chảy rối

- Những đại lượng vật lý ảnh hưởng tới quá trình trao đổi nhiệt đối lưu: Hệ số dẫn nhiệt λ (W/mk), nhiệt dung riêng C (J/kgK), khối lượng riêng ρ (kg/m³), độ nhớt động học ν (m²/s), nhiệt độ t , hệ số dẫn nở vì nhiệt β (1/K)
- Hình dáng kích thước và vị trí của vách.

Công thức Newton-Rikhman

- Quá trình trao đổi nhiệt đối lưu được xác định qua công thức Newton: $Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t$

Trong đó:

- F - Diện tích bề mặt tiếp xúc giữa vách rắn và chất lỏng
- $\Delta T = |t_c - t_{cl}|$ - độ chênh nhiệt độ, nhiệt độ chất lỏng và nhiệt độ bề mặt vách rắn
- α - hệ số toả nhiệt (hệ số trao đổi nhiệt đối lưu) W/m^2K .

$$\alpha = \frac{\lambda \left(\frac{\partial t}{\partial y} \right)_{y \rightarrow 0}}{t_c - t_{cl}}$$

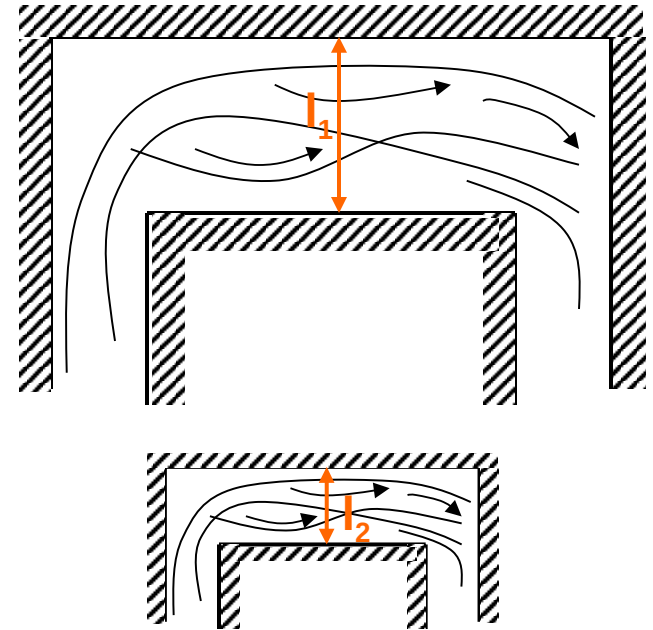
Trên thực tế việc xác định nó là rất khó khăn.

Lý thuyết đồng dạng

- Ví dụ về hai kênh:

Các hiện tượng thủy động là đồng dạng nếu đối với các điểm tương tự trong không gian được tuân theo quy luật tỷ lệ về vận tốc, các tính chất vật lý như mật độ, độ nhớt....:

$$\frac{l_1}{l_2} = k_l; \frac{\bar{\omega}_1}{\bar{\omega}_2} = k_{\bar{\omega}}; \frac{\mu_1}{\mu_2} = k_{\mu}; \frac{\rho_1}{\rho_2} = k_{\rho}$$



Trong đó các hằng số đồng dạng: $k_l; k_{\bar{\omega}}; k_{\mu}; k_{\rho}$

Các tiêu chuẩn đồng dạng cơ bản trong trao đổi nhiệt đối lưu

- Tiêu chuẩn Nusselt (Nu) đặc trưng cho cường độ trao đổi nhiệt

$$Nu = \frac{\alpha.l}{\lambda}$$

- Tiêu chuẩn Reynolds (Re) $Re = \frac{w.l}{\nu}$

- Tiêu chuẩn Grashof Gr $Gr = \frac{g.\beta.\Delta t.l^3}{\nu^2}$

- Tiêu chuẩn Prandtl (Pr) đặc trưng cho tính chất vật lý của chất lỏng.

$$Pr = \frac{\nu}{a}$$

$L(m)$ -Kích thước xác định bề mặt toả nhiệt;

$\beta(1/K)$ -Hệ số dẫn nở vì nhiệt của chất lỏng, đối với khí lý tưởng $\beta=1/T$

- Quan hệ giữa các tiêu chuẩn: $Nu = C.Re^n Gr^m .Pr^p$

C,m,n,p các hằng số xác định bằng thực nghiệm.

2.4 TOẢ NHIỆT KHÍ SÔI VÀ NGỪNG

- Trao đổi nhiệt khí sôi là một quá trình quan trọng nó xảy ra trong lò hơi, lò phản ứng hạt nhân.
- Toả nhiệt khí sôi:

Hệ số trao đổi nhiệt khí nước sôi trong điều kiện thể tích không hạn chế

$$\alpha = 46\Delta t^{2,33} p^{0,5}$$

■ Toả nhiệt khi ngưng:

□ Mật độ dòng nhiệt: $q = \frac{\lambda}{\delta} (t_H - t_c) = \alpha (t_H - t_c)$

□ Độ dày màng nước ngưng tại thiết diện x trong điều kiện dòng chảy tầng

$$\delta_x = \sqrt[4]{\frac{4\lambda\mu(t_H - t_c)x}{r\rho^2 g}}$$

□ Hệ số toả nhiệt trung bình đối với chiều cao H của vách:

$$\alpha = 0,943 \sqrt[4]{\frac{r\rho^2 g\lambda^3}{\mu(t_H - t_c)H}}$$

Các hằng số vật lý λ hệ số dẫn nhiệt của giọt nước ngưng tụ, ρ mật độ chất lỏng, μ hệ số độ nhớt động học lấy theo giá trị nhiệt trung bình: $t_{CP} = (t_H - t_c)/2$. α hệ số toả nhiệt $\alpha = \lambda/\delta$, x khoảng cách từ mép vách tới điểm xác định độ dày màng, r nhiệt ngưng tụ hơi

□ Đối với ống nằm ngang có đường kính d_n , thay $\mu/g = v$

$$\alpha = 0,728 \sqrt[4]{\frac{r\rho\lambda^3}{vd_n(t_H - t_c)}}$$

2.5 TRAO ĐỔI NHIỆT BỨC XẠ

- Khi nung nóng một vật, nhiệt năng chuyển thành năng lượng bức xạ => năng lượng bức xạ đập vào (được hấp thụ) một vật phụ thuộc vào bản chất vật đó, hình dạng và trạng thái bề mặt của nó.

$$Q = Q_R + Q_A + Q_D$$

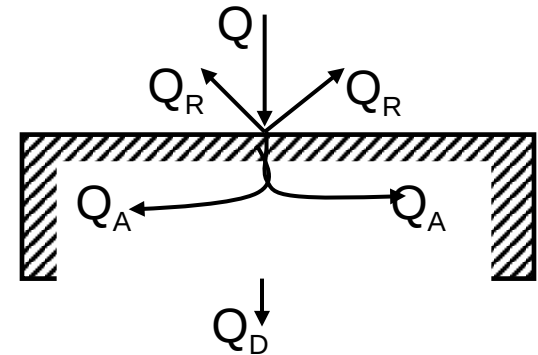
Hay $Q_R/Q + Q_A/Q + Q_D/Q = R + A + D = 1$

R-Hệ số phản xạ của vật

A-Hệ số hấp thụ

D-Hệ số xuyên qua (thấm thấu) của vật

- Vật phản xạ hoàn toàn các tia bức xạ (vật trắng): $R=1; A=D=0$
- Vật hấp thụ hoàn toàn năng lượng bức xạ (vật đen tuyệt đối): $A=1; R=D=0$
- Vật cho hoàn toàn các tia đập tới xuyên qua (vật thấm thấu): $D=1; A=R=0$



Các định luật cơ bản của bức xạ nhiệt

- Định luật Plank: Sự phân bố năng lượng bức xạ bởi vật đen tuyệt đối.
$$E_{0\lambda} = C_1 \lambda^{-5} (e^{c_2/\lambda T} - 1)^{-1}$$

Trong đó:

$E_{0\lambda}$ – Cường độ phổ bức xạ của vật đen tuyệt đối, W/m²; λ – chiều dài bước sóng, m; T – Nhiệt độ tuyệt đối của vật, K; $C_1 = 3,68 \cdot 10^{-16}$ W/m²; $C_2 = 1,67 \cdot 10^2$ m.K

- Định luật Vink: $\lambda_{MAX} T = 2,9 \text{ mm.K}$
- Định luật Stefan-Bozmann. Toàn bộ năng lượng bức xạ bởi 1m² bề mặt vật đen tuyệt đối E_0 đối với tất cả các bước sóng ($\lambda = 0 \div \infty$) được xác định:

$$E_0 = \int_0^{\infty} E_{0\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1} d\lambda$$
$$\Rightarrow E_0 = \sigma_0 T^4$$

$$\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

Với
đổi

hệ số bức xạ vật đen tuyệt

Các định luật cơ bản của bức xạ nhiệt

- Định luật Stefan-Bozmann đối với vật xám

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4$$

Hệ số bức xạ: của vật đen tuyệt đối $C_0 = \sigma_0 \cdot 10^8$ và độ đen vật bất kỳ $\varepsilon = E/E_0$

- Định luật Kirchhoff tỉ số giữa năng suất bức xạ và hệ số hấp thụ của các vật đục chỉ phụ thuộc và nhiệt độ và luôn bằng năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối có cùng nhiệt độ:

$$\frac{E(T)}{A(T)} = E_0(T)$$

Đối với bức xạ đơn sắc

$$\frac{E_\lambda(T)}{A_\lambda(T)} = E_{0,\lambda}(T)$$

Độ đen của vật có trị số bằng hệ số hấp thụ của nó $\varepsilon = A$

Trao đổi nhiệt bức xạ giữa hai bề mặt

- Trao đổi nhiệt giữa hai bề mặt song song diện tích F xác định bằng biểu thức:
$$Q_1 = \varepsilon_{pr} C_0 F = \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Trong đó: Độ đen qui dẫn

$$\varepsilon_{pr} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

T_1, T_2 nhiệt độ các tấm phẳng

Trao đổi nhiệt bức xạ của chất khí

- Năng lượng bức xạ của chất khí

$$l = \int_1^2 p dv$$

Trong đó với các bon n=3,5 và với nước n=3¹

- Khả năng bức xạ chất khí so với bức xạ của vật đen tuyệt đối

$$\varepsilon_k = 1 - e^{-10kps}$$

ε_k -độ đen của chất khí

P-Áp suất chung bình của chất khí

$$s = 0,9 \frac{4V}{F}$$

S-Chiều dài trung bình của tia bức xạ

k-Hệ số biểu thị đặc tính bức xạ đơn sắc (Phụ thuộc bản chất từng chất khí)

- Lượng nhiệt trao đổi bức xạ giữa khí với bề mặt bao quanh.

Trong đó $e'_c = (e_c + 1)$ - độ đen hiệu dụng bề mặt vách

$$q_\pi = C_0 \varepsilon'_c \varepsilon_r \left[\left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right] \psi$$

ψ -hệ số hiệu chỉnh (Với khí bụi $\psi=1$); T_k -nhiệt độ trung bình chất khí;

Nhiệt độ trung bình bề mặt vách

2.6 TRUYỀN NHIỆT

Truyền nhiệt qua vách phẳng nhiều lớp

- Lượng nhiệt truyền từ môi chất nóng tới bề mặt bên trong khi không có bức xạ được tính

$$q = \alpha_1(t_1 - t_{c1}) = (t_1 - t_{c1})/R_1$$

A_1 -Hệ số toả nhiệt từ môi chất nóng

tới bề mặt trong vách

R_1 -Nhiệt trở

$$q = \frac{t_1 - t_2}{R}$$

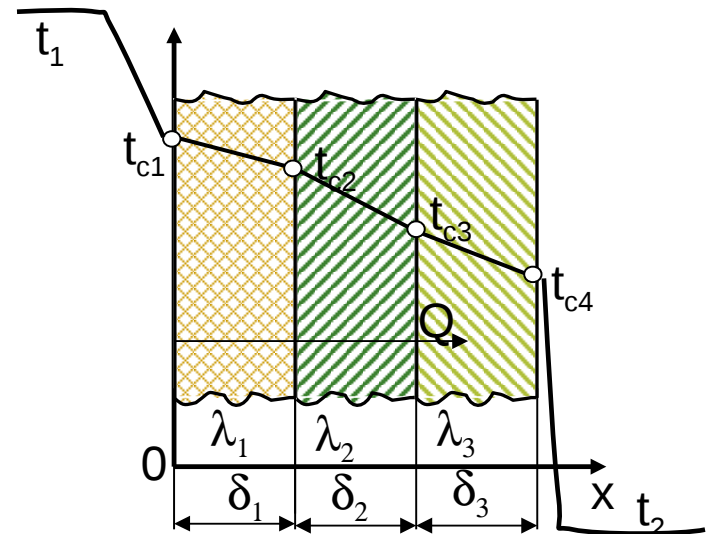
- Mật độ dòng nhiệt

- Giá trị nhiệt trở tổng cộng

$$R = R_1 + R'_2 + R''_2 + R''_2 + \dots + R_n$$

Trong đó: $R_1 = 1/\alpha_1$ -Nhiệt trở khi truyền nhiệt từ môi chất nóng tới bề mặt trong vách. $R'_2 = \delta_1/\lambda_1$ -Nhiệt trở của lớp đầu tiên của vách...

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{t_1 - t_2}{k}$$



$K, W/(m^2.k)$ là hệ số truyền nhiệt

Truyền nhiệt qua vách trụ

- Đối với vách trụ có chiều dài l , đường kính trong d_1 , đường kính ngoài d_2 , phương trình mật độ dòng điện 1m:

- Truyền nhiệt đối lưu:

$$q_1 = \alpha_1 \pi d_1 (t_1 - t_{c1}) = \alpha_2 \pi d_2 (t_{c2} - t_2)$$

- Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt

$$q_1 = \frac{2\pi\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\ln(d_2 / d_1)}$$

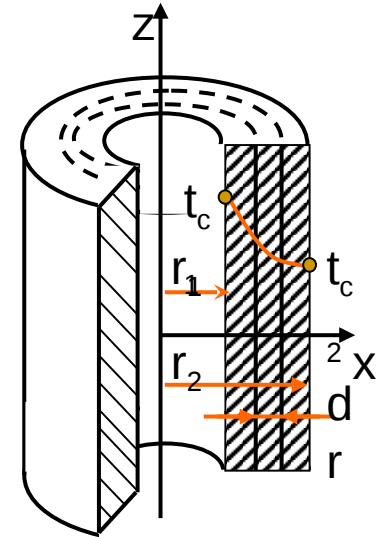
=>

Trong đó
$$q_1 = k_1 \pi (t_1 - t_2)$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$$

hệ số truyền nhiệt tuyến tính

Nghịch đảo k_1 ta có $R_1 = 1/k_1$ là nhiệt trở tuyến tính.



CHƯƠNG 3

CƠ SỞ THUYẾT VĂN VÀ THUYẾT LỰC CỦA THUYẾT NĂNG

3.1 THUYẾT TĨNH HỌC

- Thủy tĩnh học là một bộ phận của thủy lực học nghiên cứu các quy luật cân bằng của chất lỏng không chuyển động và xem xét ứng dụng thực tế các quy luật này.
- Tại mỗi điểm của thể tích chất lỏng ở trạng thái cân bằng quan sát thấy một áp suất cố định và được gọi là áp suất thủy tĩnh.
 - Tính chất: Hướng theo phương pháp tuyến trong tới diện tích nó tác động và không phụ thuộc vào vị trí diện tích này trong không gian
 - Áp suất thủy tĩnh toàn phần: $p = p_0 + \rho gh$
 - P_0 -Áp suất ngoài tác động nên bên mặt tự do của chất lỏng, Pa.
 - R -Tỷ trọng của chất lỏng, kg/m^3 .
 - H -Độ sâu nhúng, m.
 - g -gia tốc rơi tự do, m/s^2 .
 - ρgh - là áp suất dư, hay áp suất cột chất lỏng. (Khi P_0 là áp suất khí quyển thì áp suất dư gọi là áp lực)

Áp suất thủy tĩnh tại một điểm

Giả sử:

Có bình chứa nước áp suất p_0 .

Đặt trên mặt phẳng 0-0.

Bề mặt chất lỏng cách mặt phẳng z_0 .

Với điểm A ở độ sâu h ,

và cách bề mặt chất lỏng z .

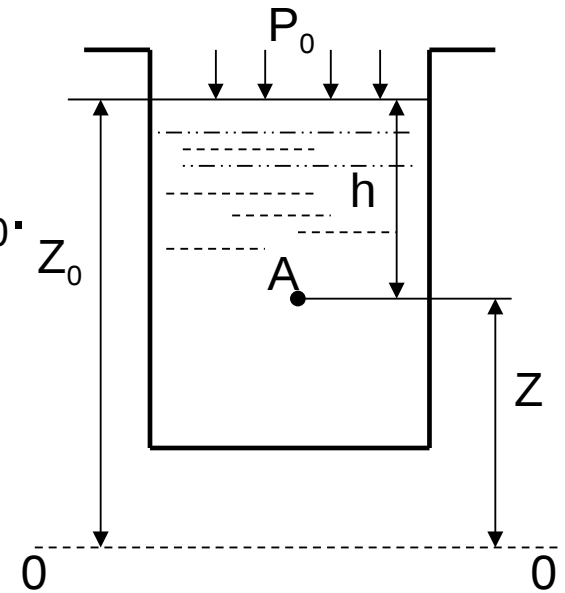
□ Áp suất toàn phần tại A:

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

$$p/\rho g + z = p_0/\rho g + z_0 = H_c = \text{const}$$

□ $p/\rho g$ - Chiều cao đo áp, chiều cao cột chất lỏng trên điểm đang xét, m.

□ H_c - Áp lực thủy tĩnh, m.



Áp lực chất lỏng lên bề mặt phẳng

Xét trường hợp tổng quát:

Một mp tiết diện ω , lệch so với phương ngang 1 góc α và trùng với trục tọa độ y . Với một phần tử diện tích $d\omega$ // trục x .

- Áp lực lên toàn bộ diện tích: $dp = (p_0 + \rho gh)d\omega$

$$p = \int (p_\sigma + \rho g y \sin \alpha) d\omega$$

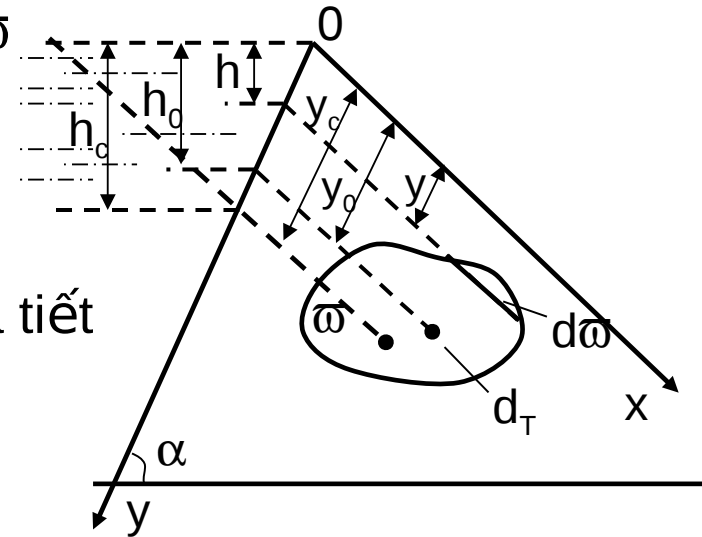
- Trong đó $\int_{\omega} y d\omega = y_0 \omega$ là mômen tĩnh của tiết diện ω ứng với trục x .

(y_0 khoảng cách tới trọng tâm tiết diện)

- Áp lực chất lỏng lên bề mặt phẳng bằng tích giá trị diện tích với áp suất thuỷ tĩnh ở trọng tâm

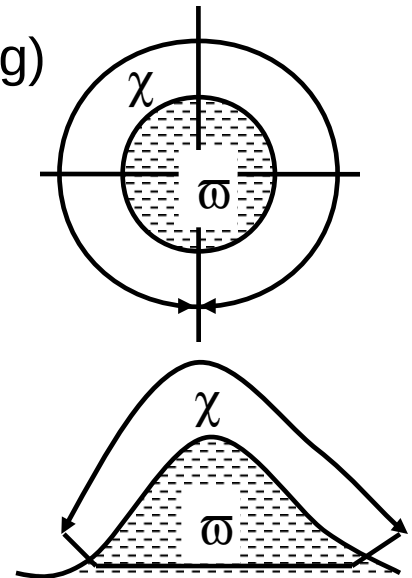
$$p = p_0 \omega + \rho g \sin \alpha y_0 \omega = (p_0 + \rho g h_0) \omega$$

H_0 - Độ sâu của trọng tâm diện tích



Một số khái niệm khi nghiên cứu dòng chảy

- **Diện tích tiết diện thực (sống) của dòng chảy** là diện tích tiết diện dòng chảy ω nằm vuông góc với vách dọc của dòng chảy (vuông góc với hướng chuyển động của chất lỏng)
- **Chu vi ướt χ** là chiều dài đoạn chu vi tiết diện thực mà dòng chảy tiếp xúc với vách ngăn giới hạn.
- **Bán kính thủy lực R** là tỷ lệ tiết diện thực và chu vi ướt $R = \omega / \chi$. Nó cho biết độ lớn tiết diện thực trên một đơn vị chiều dài chu vi ướt.
- **Lưu lượng dòng chảy Q** là lượng chất lỏng chảy qua một tiết diện ngang trong một đơn vị thời gian, L/s; m³/s.
- **Vận tốc trung bình dòng chảy v (m/s)** là tỷ lệ giữa lưu lượng chất lỏng trên tiết diện thực; $v = Q / \omega$



3.2 THUYẾT ĐỘNG HỌC

- Thủy động học là một bộ phận của thủy lực học nghiên cứu các quy luật chuyển động của chất lỏng.
- Trạng thái chất lỏng được xác định bởi:
 - Vận tốc chuyển động của các phần tử: Bức tranh vận tốc vào một thời điểm trong không gian chất lỏng gọi là trường vận tốc.
 - Áp suất thủy động : Bức tranh áp suất gọi là trường áp suất. Áp suất thủy động được xác định như lực tác động giữa các phần tử của chất lỏng trên một đơn vị diện tích.

Chuyển động xác lập và không xác lập

- **Chuyển động xác lập** là chuyển động của chất lỏng với vận tốc và áp suất tại mỗi điểm trong chất lỏng không đổi theo thời gian.

$$v=v(x,y,z)$$

$$p=p(x,y,z)$$

Chuyển động chất lỏng trong hình trụ với lưu lượng không đổi, dòng chảy của nước trong kênh có tiết diện cố định và độ sâu dòng chảy không đổi...

- **Chuyển động không xác lập** là chuyển động của chất lỏng với tiết diện thực và vận tốc thay đổi

$$v=v(x,y,z,t)$$

$$p=p(x,y,z,t)$$

Chuyển động chất lỏng từ bể ra khi có độ cao thay đổi, chuyển động nước trong hạ lưu nhà máy thủy điện khi chế độ làm việc thay đổi...

Các phương trình cơ bản của thủy lực

- **Phương trình liên tục (pt cơ bản thứ nhất):** Khảo sát một số tiết diện theo chiều dài dòng chảy với lưu lượng không đổi:

$$Q = \omega_1 \cdot v_1 = \omega_2 \cdot v_2 = \dots = \text{const}$$

$\Rightarrow v_1 \omega_2 = \omega_1 v_2$ vận tốc trung bình tỷ lệ nghịch với diện tích tiết diện

- **Phương trình Bernoulli (pt cơ bản thứ hai):** là phương trình thiết lập sự phụ thuộc giữa áp suất và vận tốc tại các tiết diện khác nhau

của dòng chảy.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = H_d = \text{const}$$

Trong đó: z_1, z_2 -độ cao trên mp so sánh của các điểm có áp suất p_1, p_2 ; $p_1/\rho g$ và $p_2/\rho g$ -độ cao đo áp hay năng lượng áp lực; $v_1/2g$ và $v_2/2g$ -cường độ động năng của chất lỏng tại các điểm khảo sát (độ chênh vận tốc); H_d -Áp lực thủy động.

(Phương trình này chỉ đúng với chất lỏng lý tưởng)

Phương trình Bernouli đối với dòng chảy chất lỏng thực

Khi chất lỏng thực có độ nhớt, lực ma sát $\Rightarrow H_d$ sẽ giảm theo hướng chuyển động.

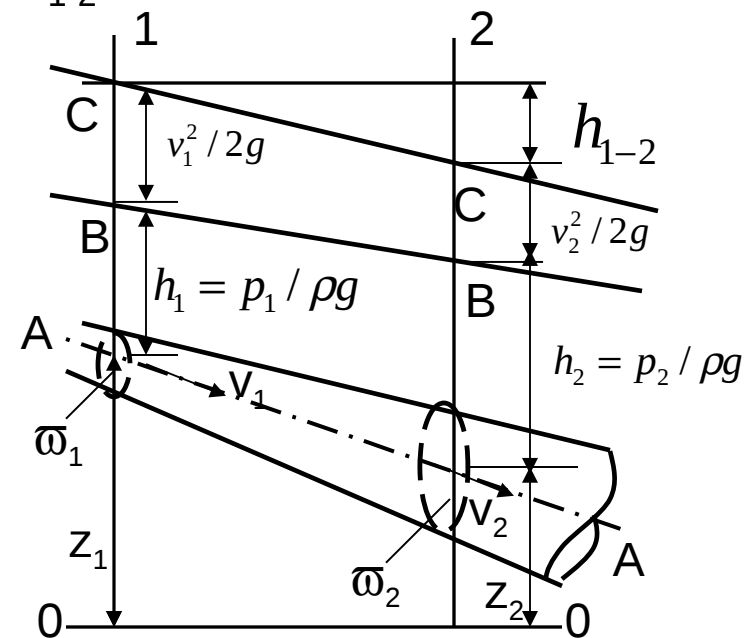
□ Tại tiết diện 2 áp lực giảm một lượng h_{1-2} .

□ Ngoài ra cần đưa thêm hệ số độ chênh vận tốc (hệ số Kriôlis) α .

α thường trong khoảng 1,045-1,10

\Rightarrow Khi đó phương trình Bernouli dòng chảy chất lỏng thực có dạng:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_{1-2}$$



Độ nghiêng thủy lực

- **Độ nghiêng thủy lực** đặc trưng cho sự thay đổi tương đối độ chênh toàn phần trên một đơn vị chiều dài dòng chảy.

Giá trị trung bình của độ nghiêng thủy lực trên một đoạn dòng chảy l là:
$$i = \frac{H_1 - H_2}{l} = \frac{h_{1-2}}{l}$$

Trong đó:
$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} \quad H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g}$$

- **Độ nghiêng hình học:**
$$i = \frac{z_1 - z_2}{l}$$

- **Độ nghiêng đo áp:**
$$i_p = \frac{\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g}}{l}$$

Mối tương quan tổn hao độ chênh, vận tốc chuyển động chất lỏng và thông số ống dẫn

- Công thức Vaixơbát: Xác định tổn hao cục bộ

$$h_c = \xi \frac{v^2}{2g}$$

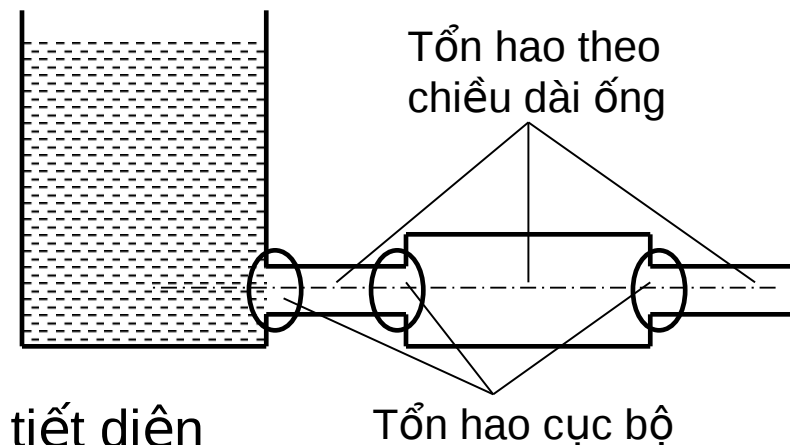
- Công thức Darcy: Xác định tổn hao theo chiều dài trong ống trụ

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

λ, ξ -hệ số tổn hao dọc ống và cục bộ
 $V^2/2g$ - độ chênh vận tốc

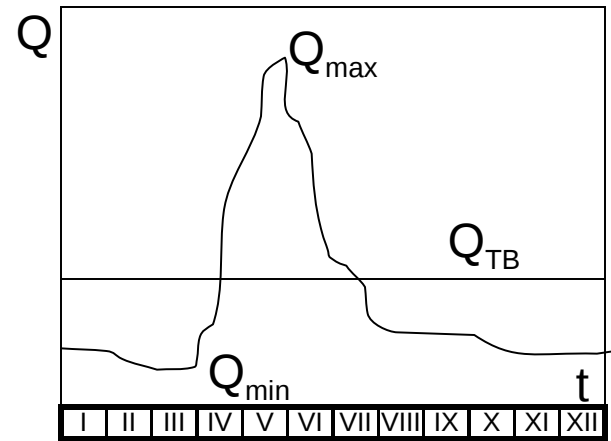
V -vận tốc trung bình của dòng chảy trên tiết diện

d, R -đường kính ống và bán kính thủy lực.



3.3 MỘT SỐ VẤN ĐỀ THUYẾT VĂN SÔNG NGÒI

- Lưu lượng nước Q** là lượng nước chảy trong 1 giây qua một tiết diện ngang dòng chảy, đơn vị m³/s.
- Dòng chảy W** là tổng thể tích nước chảy qua một tiết diện ngang của dòng chảy được tính từ thời điểm ban đầu t₀ đến thời điểm cuối t_k và được đo bằng m³ hoặc km³



$$W = \int_{t_0}^{t_k} Q(t)dt = \sum_{i=1}^n \bar{Q}_i \Delta t_i$$

- Định mức dòng chảy W₀** là dòng chảy trong một năm được tính trung bình qua nhiều năm và được đo bằng m³ hoặc km³:

$$W_0 = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n}$$

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{Q}_i}{n} = \frac{W_0}{31,5 \cdot 10^6}$$

- Định mức lưu lượng nước Q₀** là lưu lượng tính trung bình qua nhiều năm được đo bằng m³/s và liên hệ với định mức dòng chảy theo biểu thức

3.3 MỘT SỐ VẤN ĐỀ THUỶ VĂN SÔNG NGÒI

- **Môđun dòng chảy M** là lượng nước chảy qua một tiết diện ngang trong một giây (l/s) trên một đơn vị diện tích nước, đơn vị l/s.km².
- **Hệ số môđun K_i** là tỷ số dòng chảy sao một thời gian nào đó W_i (hay lưu lượng nước trong khoảng thời gian đó Q_i) trên một mức dòng chảy W_0 (hay định mức lưu lượng) tương ứng.

3.4 CÔNG CỦA DÒNG CHẢY, SƠ ĐỒ TẬP TRUNG CỘT ÁP

- **Công suất thế năng của dòng nước** là công sinh ra bởi nước chảy với lưu lượng Q trong thời gian 1 giây. Đơn vị W hoặc J/s .

$$N = \rho g Q H = 9810 Q H$$
 ρ -Khối lượng riêng của nước, kg/m^3 ; g -gia tốc rơi tự do, m/s^2 ; Q -lưu lượng nước, m^3/s ; H -cột áp (độ chênh), m .

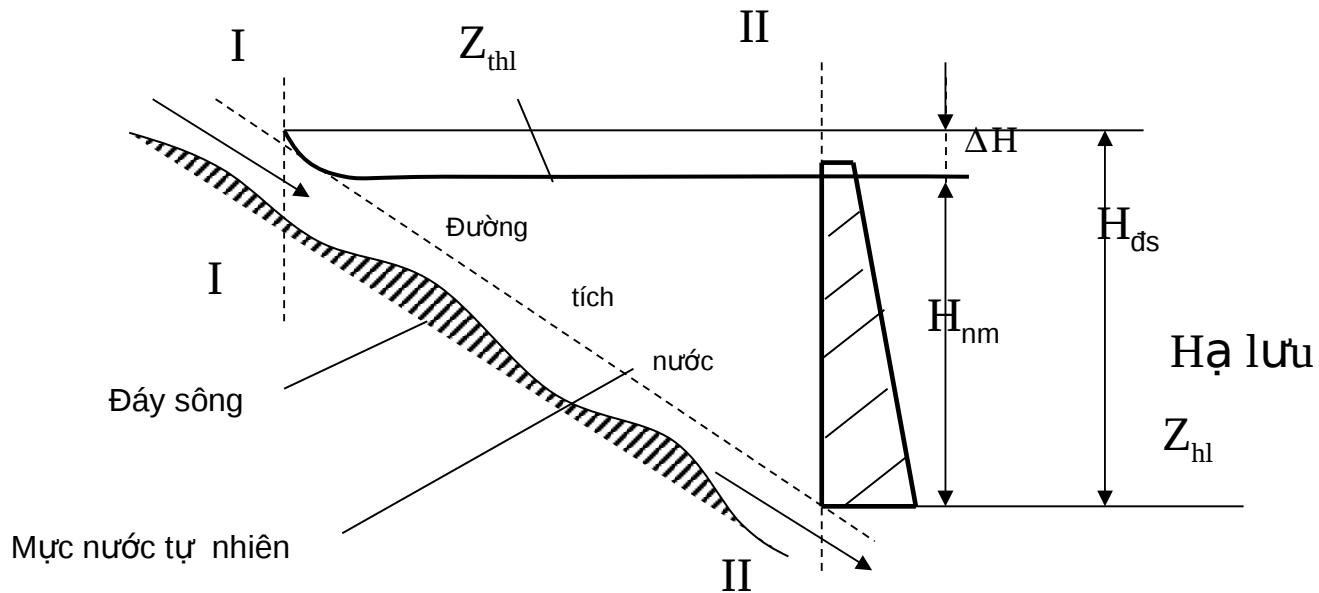
- Khi có tính đến tổn hao lưu lượng và cột áp thì công suất được tính

$$N = 9,81 Q H \eta$$
 η -Hiệu suất của các thiết bị thủy năng.

- **Năng lượng của dòng E** (kW.h) được xác định bằng công nhân thời gian t

$$E = \frac{9,81 Q H \eta t}{3600} = \frac{W H \eta}{367}$$

Tập trung cột áp



Sơ đồ tập trung cột áp bằng độ chênh

PHẦN II

THIẾT BỊ NĂNG LƯỢNG

CHƯƠNG 4

LÒ HƠI VÀ NHIÊN LIỆU

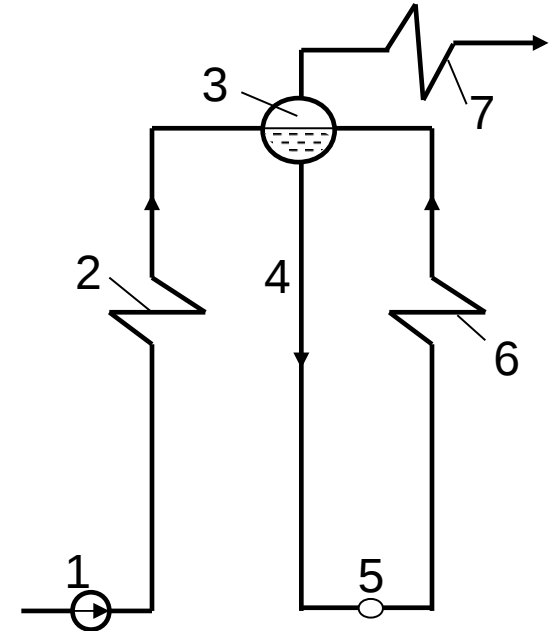
4.1 LÒ HƠI

■ Lò hơi kiểu tuần hoàn tự nhiên

- 1- bơm; 2- bộ phận hâm nhiệt; 3- thùng chứa; 4- ống hạ xuống (dẫn nước); 5- cỗ góp; 6- ống sinh hơi (bay hơi); 7- thiết bị quá nhiệt hơi
- Bội số tuần hoàn là tỷ số giữa lượng nước G_n (kG) và lượng hơi sinh ra G_h (kG)

$$K = G_n / G_h$$

Trong lò hơi tuần hoàn tự nhiên $K = 5 \div 30$

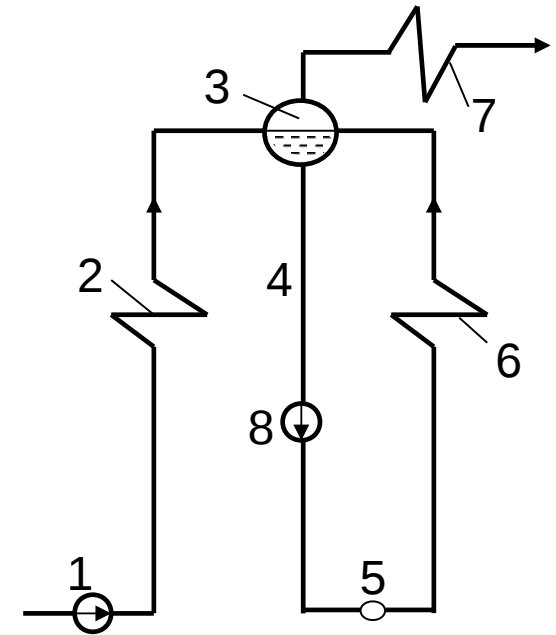


4.1 LÒ HƠI

■ Lò hơi kiểu tuần hoàn cưỡng bức

1- bơm; 2- bộ phận hâm nhiệt; 3- thùng chứa; 4- ống hạ xuống (dẫn nước); 5- cổ góp; 6- ống sinh hơi (bay hơi); 7- thiết bị quá nhiệt hơi; 8- bơm tuần hoàn cưỡng bức.

Trong lò hơi tuần hoàn cưỡng bức $K=3\div 10$

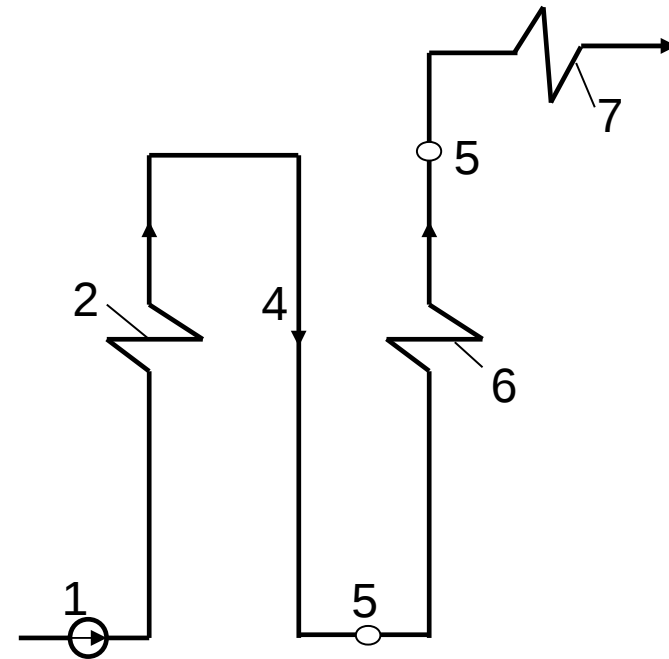


4.1 LÒ HƠI

■ Lò hơi kiểu thuận dòng

1- bơm; 2- bộ phận hâm nhiệt; 4- ống hạ xuống (dẫn nước); 5- cỡ góp; 6- ống sinh hơi (bay hơi); 7- thiết bị quá nhiệt hơi;

Trong lò hơi tuần hoàn cưỡng bức $K=1$



Các đặc tính cơ bản của lò hơi

- **Năng suất tạo hơi - hay công suất hơi D (t/h)** là lượng hơi sinh ra bởi nồi hơi trong thời gian một giây.

Tính toán nồi hơi được thực hiện với năng suất định mức D_{dm} , đây là giá trị tải trọng lớn nhất mà nồi hơi có thể thực hiện trong thời gian dài mà không bị giảm các chỉ tiêu kinh tế với loại nhiên liệu đã tính toán.

- **Thông số của hơi quá nhiệt** được đặc trưng bởi giá trị áp suất và nhiệt độ ở ống góp đầu ra của thiết bị quá nhiệt hơi.

Nhiệt độ của hơi quá nhiệt cần phải giữ cố định trong quá trình vận hành

4.2 NHIÊN LIỆU

Phân loại và thành phần nhiên liệu

- Theo trạng thái của nhiên liệu có nhiên liệu rắn lỏng và khí. Theo phương thức khai thác có nhiên liệu tự nhiên và nhiên liệu nhân tạo.
- Thành phần của nhiên liệu gồm: các bon C, hydro H, lưu huỳnh S, oxy O và nitơ N. Ngoài ra còn có nước W, một số chất không cháy (chất khoáng) A mà khi cháy nó sẽ tạo thành tro.
- Nhiên liệu cấp cho nhà máy điện có thành phần khối lượng sau:
$$C^{tt} + H^{tt} + O^{tt} + N^{tt} + S^{tt} + A^{tt} + W^{tt} = 100\%$$
- Khí tự nhiên (hỗn hợp khí cháy và không cháy) có thành phần cơ bản: metan CH₄ (90 -98 %) các hợp chất các bon nặng C_mH_n (1- 6 %). nitơ N₂ (1- 4 %).

Các đặc trưng kỹ thuật của nhiên liệu

- **Nhiệt lượng cháy** Là lượng nhiệt sinh ra khi cháy hoàn toàn 1 kg (đối với nhiên liệu rắn hoặc lỏng) hoặc 1 m³ (đối với khí) nhiên liệu
Nhiệt lượng cháy càng lớn thì lượng nhiên liệu cần càng ít khi năng suất hơi của nồi hơi không đổi.
- **Độ tro:** Nhiên liệu hóa thạch ở thể rắn hoặc lỏng có chứa một số chất khoáng không cháy (đất sét Al₂O₃. 2SiO₂.2H₂O, cát SiO₂, pirit sắt FeO₂)
Khi nhiên liệu cháy các chất khoáng cặn này trải qua một loạt các biến đổi và biến thành tro.
Độ tro càng lớn làm giảm nhiệt lượng cháy, tăng chi phí..
- **Độ ẩm.** Độ ẩm cao của nhiên liệu sẽ ảnh hưởng : giảm nhiệt lượng cháy, tăng khối lượng nhiên liệu, tăng chi phí vận chuyển nhiên liệu, tăng thể tích sản phẩm cháy và tổn thất nhiệt lượng qua khí thải, tăng năng lượng điện cho hoạt động của động cơ máy hút khói, ...
- **Các chất bay lên.** Khi nung nóng không có không khí, nhiên liệu rắn sẽ phân chia thành phần khí gọi là các chất bay lên (hơi nước, hỗn hợp cháy CO, H₂, C_mH_n..., hỗn hợp không cháy CO₂, N₂...) và phần chất rắn còn lại gọi là cốc.
- **Độ nhớt.** Đối với nhiên liệu lỏng (dầu ma dút), đặc tính kỹ thuật quan trọng là độ nhớt. Độ nhớt phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ, độ nhớt tăng khi nhiệt độ giảm và nó liên quan tới độ đậm đặc kết dính của nhiên liệu.

Các đặc tính cơ bản của khí tự nhiên

- **Khả năng phát nổ.** Hỗn hợp khí cháy và không khí với một tỷ lệ phần trăm nhất định khi có ngọn lửa có thể phát nổ. Đối với khí tự nhiên, giới hạn bắt lửa dưới và trên là 4,5 và 13,5% theo thể tích. Giới hạn bắt lửa rộng nhất là hiđrô (từ 4,1 đến 74%), CO (12,5 đến 74%), axêtilen (2,5 đến 80%).
- **Độc tính.** Là khả năng của khí cháy tạo ra sự nhiễm độc. Thành phần nguy hiểm nhất là CO và H₂S. Nồng độ giới hạn cho phép CO trong không khí là 0,03 mg/l, với H₂S là 0.01 mg/kg.
- **Nhiên liệu quy ước.** Nhiên liệu quy ước là nhiên liệu mà nhiệt lượng cháy một khối lượng của nó bằng $Q_{q.u} = 29,33 \text{ MJ/kg}$ (7000 KCal/kg).

Nó là cơ sở để so sánh hiệu quả sử dụng nhiên liệu trong các nồi hơi khác nhau, để lập kế hoạch khai thác và tiêu thụ nhiên liệu trong tính toán. Mỗi loại nhiên liệu sẽ có tương đương nhiệt:

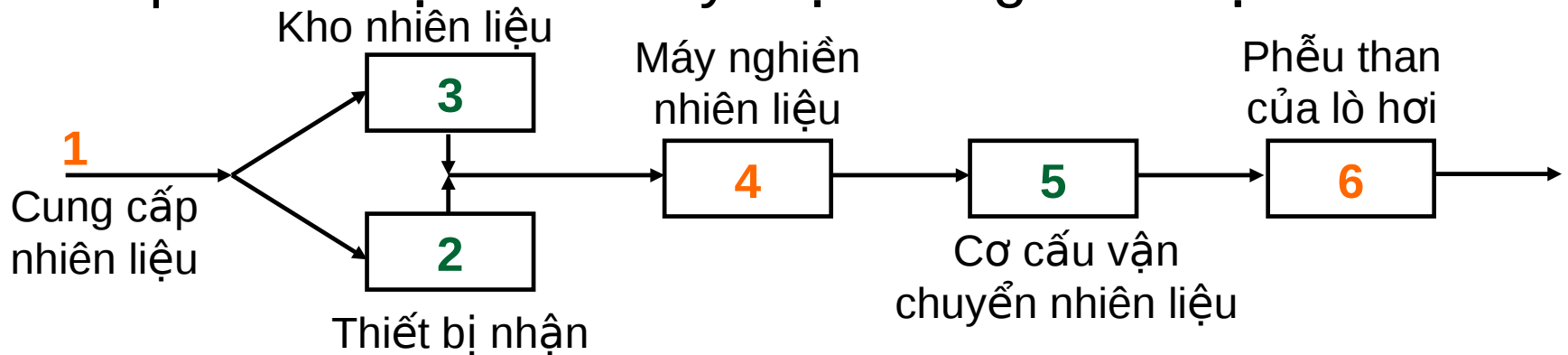
$$E = Q_{thap}^{tt} / Q_{q.u}$$

Tiêu hao nhiên liệu quy ước $B_{q.u}$ và nhiên liệu thực tế B được được thể

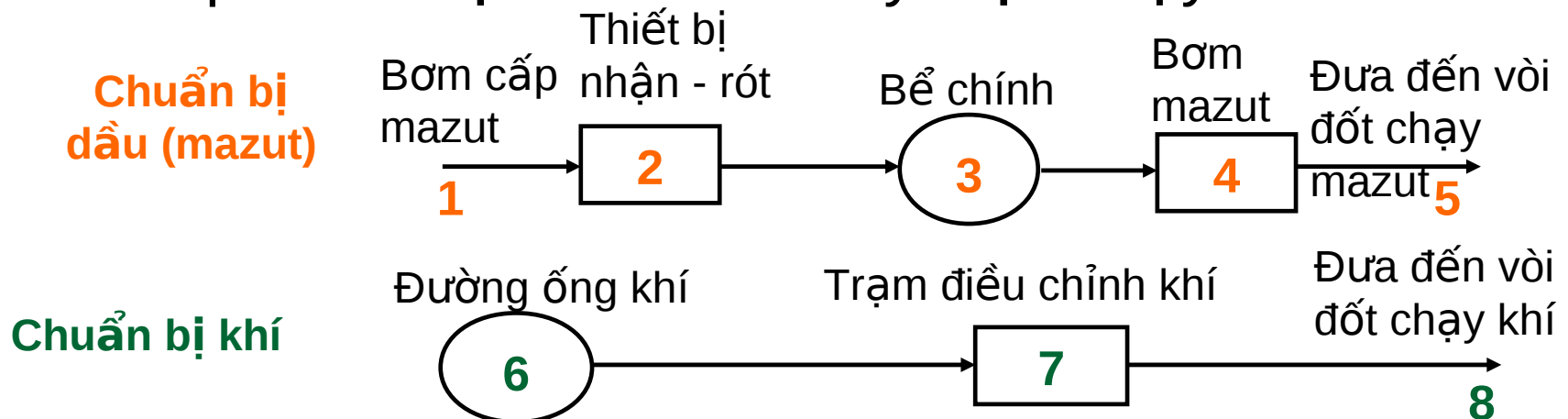
$$\frac{B_{q.u}}{B} = \frac{Q_{thap}^{tt}}{Q_{q.u}}$$

4.3 VẬN CHUYỂN NHIÊN LIỆU TRONG NHÀ MÁY ĐIỆN

■ Cấp nhiên liệu nhà máy điện dùng than bột



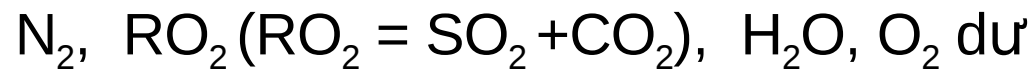
■ Cấp nhiên liệu cho nhà máy điện chạy dầu-khí



4.4 SẢN PHẨM CHÁY TRONG QUÁ TRÌNH CHÁY NHIÊN LIỆU

- Thành phần sản phẩm cháy:

- Sản phẩm cháy:



- Hệ số dư không khí

$$= V_{kk} / V_{kk}^0$$

Trong đó: V_{kk} : lượng không khí thực tế

V_{kk}^0 : lượng không khí lý thuyết

$\alpha=1$ Thể tích sản phẩm cháy gồm: $V_{N_2}^0, V_{RO_2}^0, V_{H_2O}^0$

$\alpha>1$ Thể tích sản phẩm cháy gồm: $V_{N_2}^0, V_{RO_2}^0, V_{H_2O}^0$ và $V_{O_2}^0$

4.4 SẢN PHẨM CHÁY TRONG QUÁ TRÌNH CHÁY NHIÊN LIỆU

■ Entanpi của sản phẩm cháy

□ Khí ba nguyên tử: $I_{RO_2} = V_{RO_2} (c\vartheta)_{RO_2}$

□ Nitơ $I^0_{N_2} = V^0_{N_2} (c\vartheta)_{N_2}$

□ Hơi $I^0_{H_2O} = V^0_{H_2O} (c\vartheta)_{H_2O}$

I_{RO_2} , $I^0_{N_2}$ và $I^0_{H_2O}$ - entalpy của thể tích lý thuyết sản phẩm cháy 3 nguyên tử và 2 nguyên tử và hơi nước, MJ/kg hoặc MJ/m³; V_{RO_2} , $V^0_{N_2}$ và $V^0_{H_2O}$ - thể tích lý thuyết sản phẩm cháy tương ứng, m³/kg hoặc m³/m³; ϑ - nhiệt độ sản phẩm cháy, °C; c - nhiệt dung theo thể tích của sản phẩm cháy với nhiệt độ đã cho, MJ/m³.K

□ Nước $I^0_B = V^0_B (c\vartheta)_B$

c - nhiệt dung thể tích không khí khi nhiệt độ các sản phẩm cháy là ϑ , MJ/m³.K

□ Entalpy tổng của thể tích lý thuyết các sản phẩm cháy sẽ là

$$I^0_r = I_{RO_2} + I^0_{N_2} + I^0_{H_2O}$$

□ Entalpy thể tích thực tế các sản phẩm cháy ($\alpha > 1$) phụ thuộc, ngoài ra, vào hệ số dư không khí

$$I_r = I^0_r + \Delta I^0_B = I^0_r + (\alpha - 1)I^0_B$$

4.5 HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU

- Cân bằng nhiệt:

Nhiệt phân bố = nhiệt sử dụng + nhiệt tổn thất

$$Q_p^{tt} = Q_1 + (Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$$

Danh mục	Tổn thất nhiệt tuyệt đối, MJ/kg hoặc MJ/m ³	Tổn thất nhiệt tương đối, %	Tổn thất q, %
Tổn thất theo khói thoát	Q_2	q_2	4-7
Tổn thất do không cháy hết nhiên liệu (hóa học)	Q_3	q_3	0-1,5
Tổn thất do không cháy hết nhiên liệu (cơ học)	Q_4	q_4	0,5-5
Tổn thất do lò hơi bị làm mát từ bên ngoài	Q_5	q_5	0,2-0,5
Tổn thất từ nhiệt vật lý trong tro xỉ từ lò hơi	Q_6	q_6	0-2

$$q_i = \frac{Q_i}{Q_p^{tt}} \cdot 100\%$$

$$100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$$

Hiệu suất

- Nhiệt năng sử dụng được tính

$$Q_1 = \frac{1}{B} \left[D(i_{q.nh} - i_{n.c}) + D_{q.nh.tg} (i_{q.nh.tg}^{ra} - i_{q.nh.tg}^{vao}) + D_{n.x} (i' - i_{nc}) \right]$$

Trong đó D - năng suất hơi của lò hơi, kg/h; $D_{q.nh.tg}$ - Lưu lượng hơi qua thiết bị quá nhiệt trung gian, kg/h; $D_{x.n}$ - Lưu lượng nước xả, kg/h; $i_{q.nh}$, i' , $i_{n.c}$ - Entalpy riêng của hơi quá nhiệt, nước lò và nước cấp với nhiệt độ và áp suất tương ứng, MJ/kg; $i_{q.nh.tg}^{ra}$, $i_{q.nh.tg}^{vao}$ - Entalpy riêng của hơi tại đầu vào và đầu ra của thiết bị quá nhiệt với nhiệt độ và áp suất tương ứng, MJ/kg; B - Tiêu hao nhiên liệu, kg/h (hoặc m³/h).

- Hiệu suất thô của lò hơi có tính đến tổn thất

$$\eta_{tho} = \frac{1}{BQ_p^{tt}} \left[D(i_{q.nh} - i_{n.c}) + D_{q.nh.tg} (i_{q.nh.tg}^{ra} - i_{q.nh.tg}^{vao}) + D_{n.x} (i' - i_{nc}) \right]$$

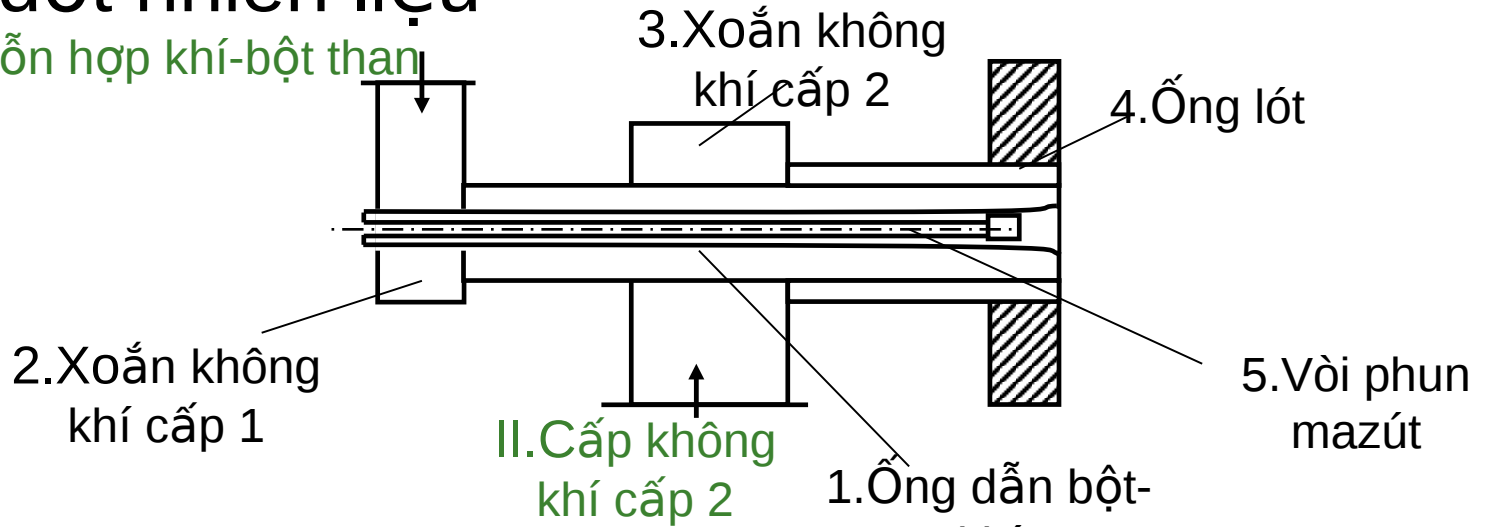
- Hiệu suất tinh của lò hơi

$$\eta_{tinh} = \eta_{tho} - \frac{Q_{td}}{BQ_p^{tt}} \cdot 100$$

4.6 SỰ ĐỐT CHÁY NHIÊN LIỆU VÀ TRAO ĐỔI NHIỆT TRONG LÒ ĐỐT CỦA NỒI HƠI

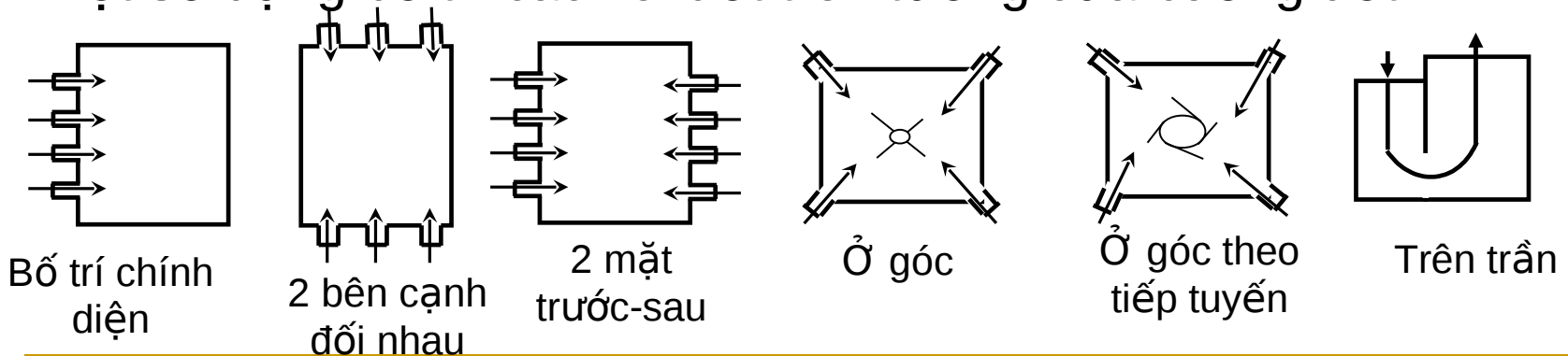
■ Vòi đốt nhiên liệu

I. Hỗn hợp khí-bột than

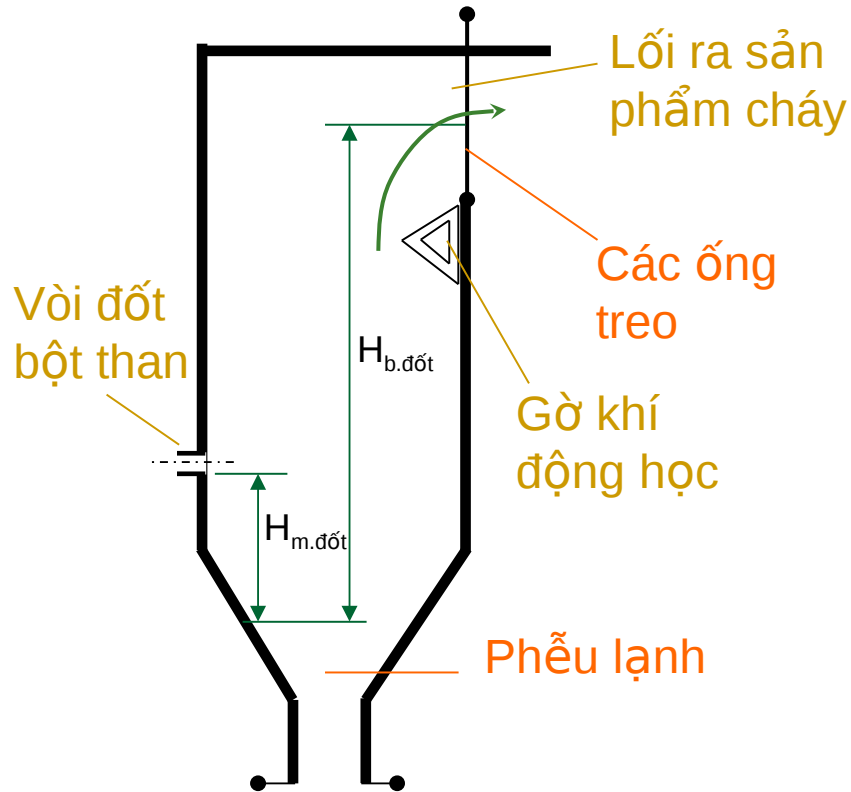


II. Cấp không khí cấp 2

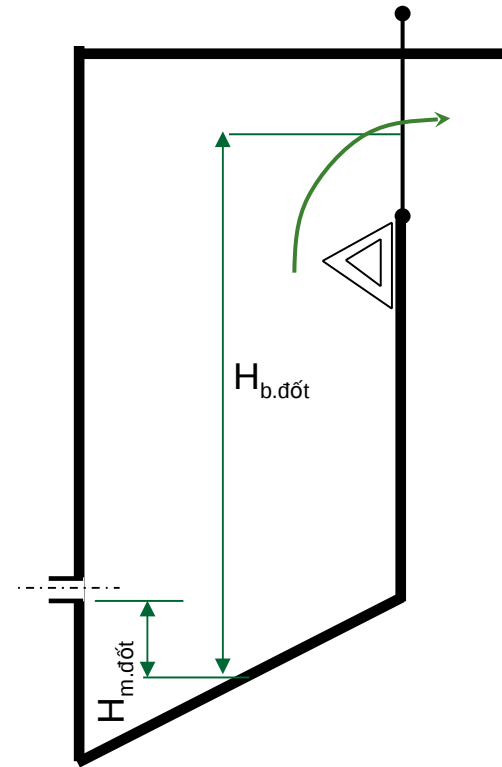
Một số dạng bố trí các vòi đốt trên tường của buồng đốt



Buồng đốt nhiên liệu



Buồng đốt than (thải xỉ rắn)



Buồng đốt dầu - khí

Trao đổi nhiệt trong buồng đốt

- Trong buồng đốt đồng thời diễn ra hai quá trình: cháy nhiên liệu sinh nhiệt và truyền nhiệt cho các vách.

- Lượng nhiệt sinh ra:
$$Q_T = Q_p^{tt} \frac{100 - (q_3 + q_4 + q_6)}{100 - q_4} + Q_{kk} + Q_{b.d} + r \cdot I_{t.t.h}$$

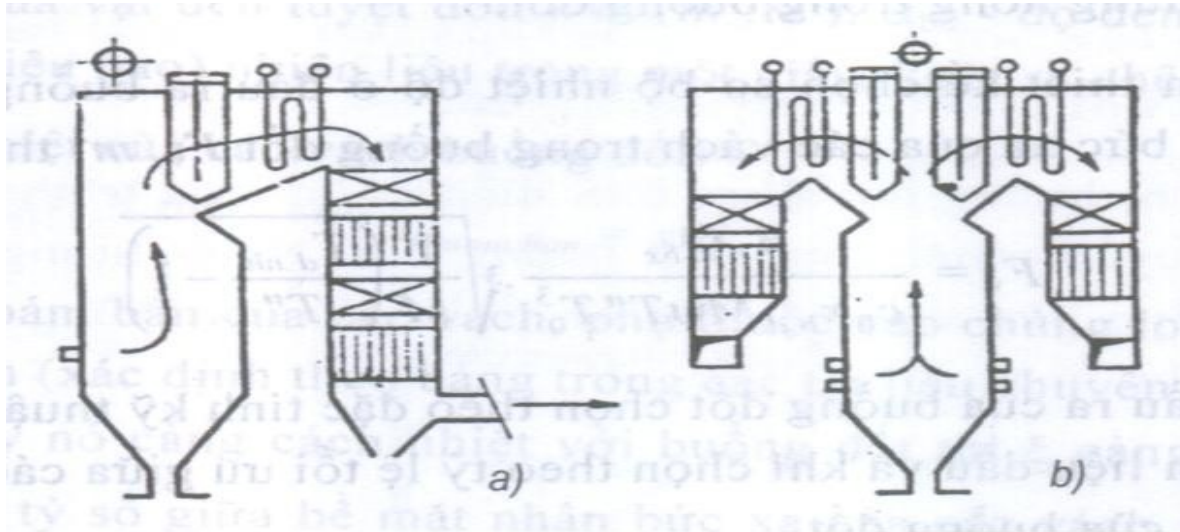
Q_{kk} - lượng nhiệt không khí đem theo vào buồng đốt, kJ/kg; $r \cdot I_{t.t.h}$ - nhiệt lượng của khí tái tuần hoàn; $I_{t.t.h}$ - entanpi của khí trích từ luồng khí để đi tái tuần hoàn, kJ/kg; r - lượng (tỷ lệ) khí trích để tái tuần hoàn.

- Lượng nhiệt bức xạ:
$$Q_{bx} = C_0 \alpha_{bd} \psi_v F_v (T^4 - T_v^4) = \varphi B_p (T_{d.n} - T_{s.ph}'') (VC)_{tb}$$

Q_{bx} - nhiệt lượng thu bởi các vách nung nóng, KW; F_v - diện tích các mặt tường bao buồng đốt, m²; T - nhiệt độ trung bình sản phẩm cháy trong buồng đốt, K; T_{dn} - nhiệt độ đoạn nhiệt, K; T_{sph}'' - nhiệt độ sản phẩm cháy ở lối ra buồng đốt, K; $(VC)_{tb}$ - nhiệt dung trung bình của sản phẩm cháy khoảng $(T_{dn} - T_{sph}'')$, kJ/(kg.K); C_0 - hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối, kW/(m².K⁴); α_{bd} - độ đen của buồng đốt; B_p - lưu lượng (tiêu hao) nhiên liệu trong một giây, kg/s; φ - hệ số giữ nhiệt.

4.7 BỀ MẶT MỨC XẠ VÀ TÍNH TOÁN THUYẾT LỰC CÁC BỀ MẶT BỨC XẠ

- Phân bố nhiệt giữa các bề mặt nung nóng

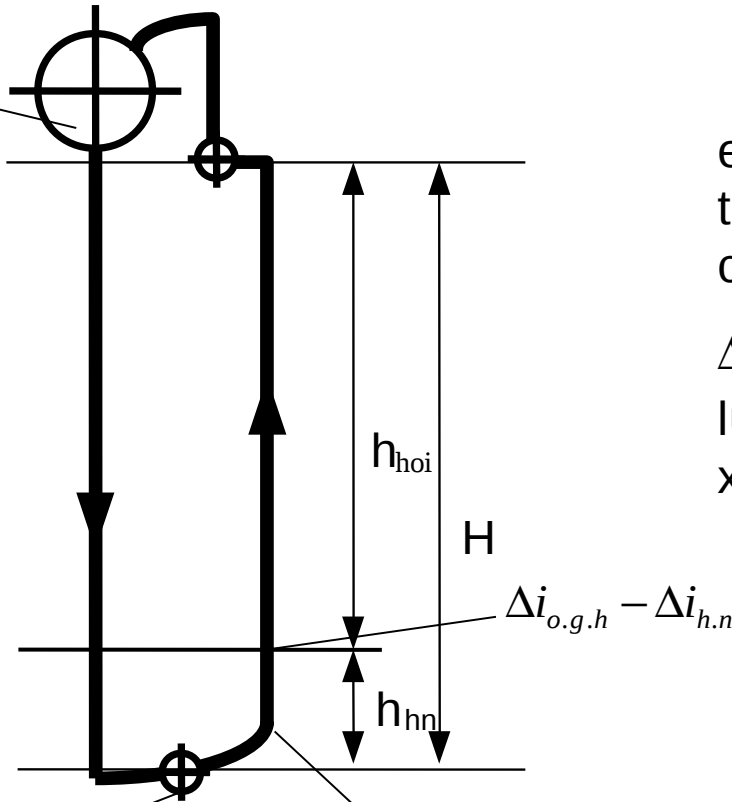


Cấu trúc kiểu II

Cấu trúc kiểu T

TÍNH TOÁN THỦY LỰC VÁCH BUỒNG ĐỐT NỒI HƠI TUẦN HOÀN TỰ NHIÊN

$$\Delta i_{th.chua} = (i' - i''_{h,n})/K$$



$\frac{\Delta i'}{\Delta p} \rho' g$ - sự thay đổi entanpi của nước sôi trên một đơn vị chiều cao, kJ/(kg.m);

$\Delta p_{o,x}$ - trở kháng thủy lực của ống dẫn xuống, Pa.

$$\Delta i_{o.g.d} = \Delta i_{balong} + \frac{\Delta i'}{\Delta p} \rho' g (h_{o,x} - \frac{\Delta p_{o,x}}{\rho' g})$$

Đoạn hâm nhiệt

$$\Delta i_{hn} = h_{hn} \rho' g \frac{\Delta i'}{\Delta p}$$

Nhiệt lượng trao đổi

- Nhiệt lượng trao đổi trên đoạn hâm nhiệt

$$Q_{h.n} = \frac{h_{h.n} Q_{t.hoan}}{H}$$

$Q_{t.hoan}$ -Nhiệt lượng vòng tuần hoàn, kJ/kg; H-chiều cao được nung nóng của vòng tuần hoàn, m.

- Nhiệt lượng cần truyền cho nước trong đoạn hâm nhiệt trong 1 đơn vị thời gian để đun nóng nó tới nhiệt độ sôi.

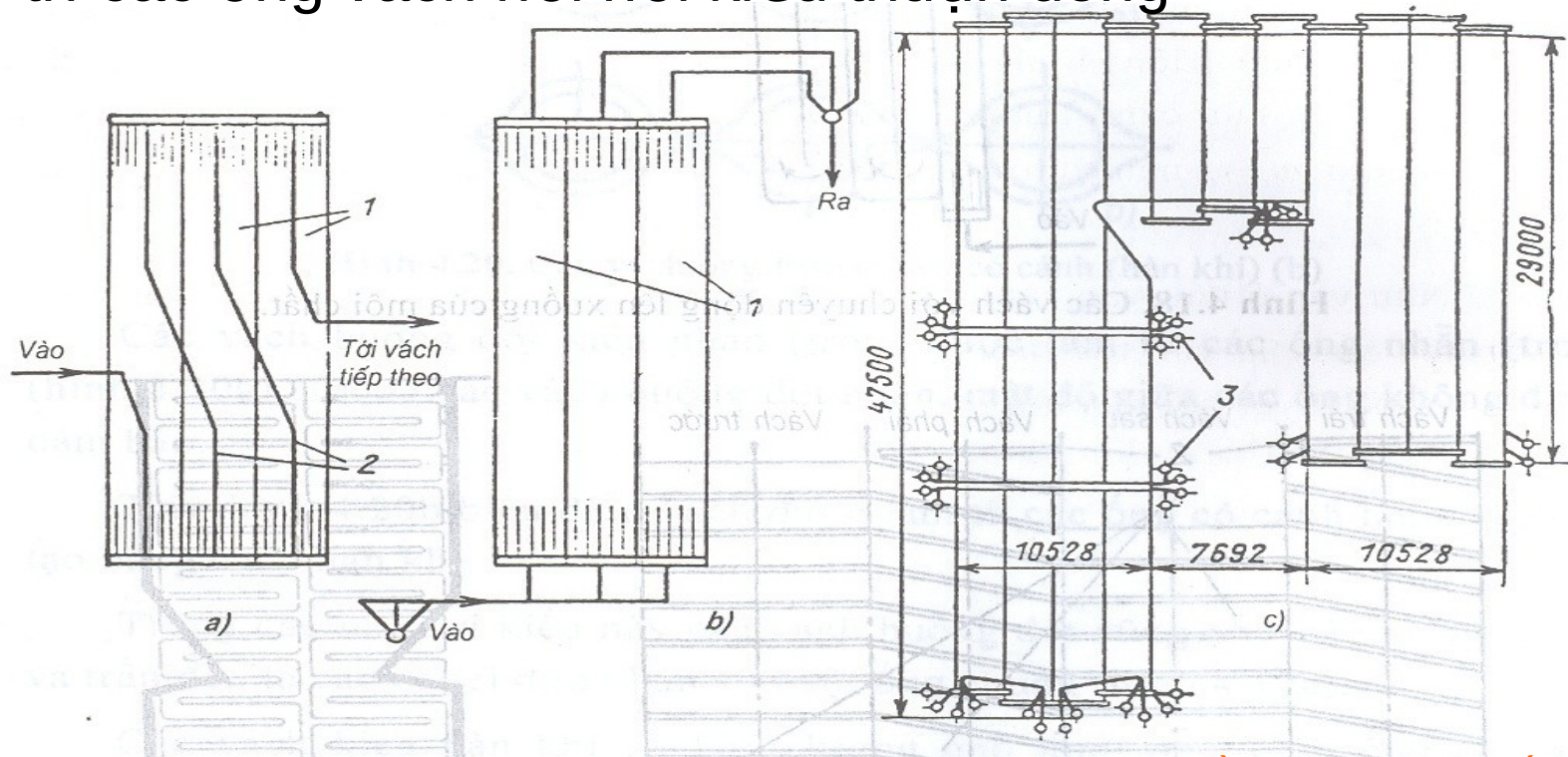
$$Q = (\Delta i_{o.g.h} - \Delta i_{h.n})G = \left\{ \Delta i_{balong} + \frac{\Delta i}{\Delta p} \rho' g \left(h_{o.x} - \frac{\Delta p_{o.x}}{\rho' g} \right) - h_{h.n} \rho' g \frac{\Delta i}{\Delta p} \right\} G$$

=> Chiều cao đoạn hâm nhiệt:

$$h_{h.n} = \frac{\Delta i_{balong} + \frac{\Delta i}{\Delta p} \rho' g \left(h_{o.x} - \frac{\Delta p_{o.x}}{\rho' g} \right)}{\frac{Q_{t.hoan}}{h_{t.hoan} G} + \frac{\Delta i'}{\Delta p} \rho' g}$$

TÍNH TOÁN THỦY LỰC VÁCH BUỒNG ĐỐT NỘI HƠI KIỂU THUẬN DÒNG

Bố trí các ống vách nồi hơi kiểu thuận dòng



Kiểu nối tiếp

Kiểu song song

Vách nồi hơi công suất lớn

1- các vách thẳng đứng; 2-các ống dẫn xuống; 3- cụm nút hỗn hợp

Độ giảm áp (Δp)

- Độ giảm áp toàn phần trong ống nung nóng:

$$\Delta p = \Delta p_{m.s} + \Delta p_{c.bo} + \Delta p_{g.toc} + \Delta p_{th.chuan}$$

Trong đó: $\Delta p_{m.s}$ - trở kháng ma sát, Pa; $\Delta p_{c.bo}$ - tổn thất áp suất do trở kháng cục bộ, Pa; $\Delta p_{g.toc}$ - tổn thất áp suất do gia tốc dòng chảy; $\Delta p_{th.chuan}$ - thành phần trở kháng thủy chuẩn (khi dòng chảy lên có giá trị dương, khi dòng chảy xuống có giá trị âm).

- Độ giảm áp trong nồi hơi có ống nằm ngang:

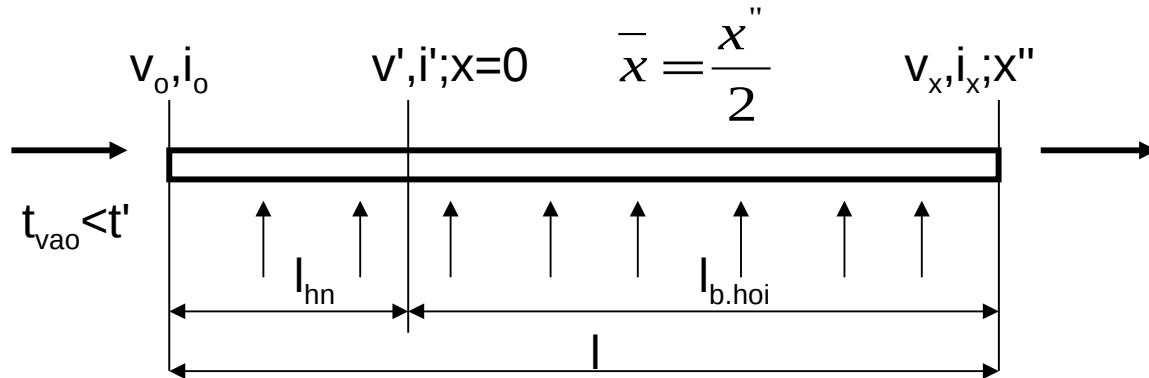
$$\Delta p = \Delta p_{m.s} + \Delta p_{c.bo} = \Delta p_{th.luc}$$

- Độ giảm áp trong nồi hơi có ống lên xuống

$$\Delta p = \Delta p_{th.luc} \pm \Delta p_{th.chuan}$$

Trở kháng toàn phần khi có độ hâm nhiệt

Trở kháng toàn phần:
$$\Delta p = \frac{\xi}{2d} (\omega \rho^2) \bar{v}_{h.n} l_{h.n} + \frac{\xi}{2d} (\omega \rho^2) \bar{v}_{bayhoi} (l - l_{h.n})$$



Thể tích riêng trên đoạn hâm nhiệt:

$$\bar{v}_{h.n} = \frac{v_0 + v'}{2}$$

Thể tích riêng hỗn hợp nước-hơi:

$$\bar{v}_{bayhoi} = v + \frac{x(v'' - v')}{2}$$

Độ khô x ở tiết diện ra của ống:

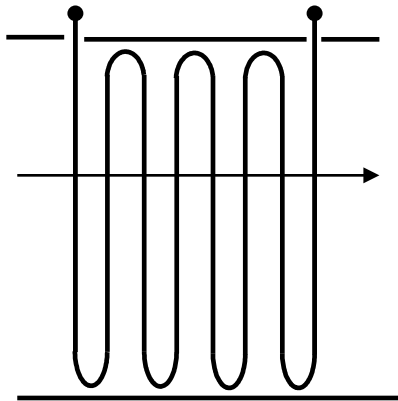
$$x = \frac{q_1(l - l_{h.n})}{G.r}$$

Chiều dài độ hâm nhiệt:

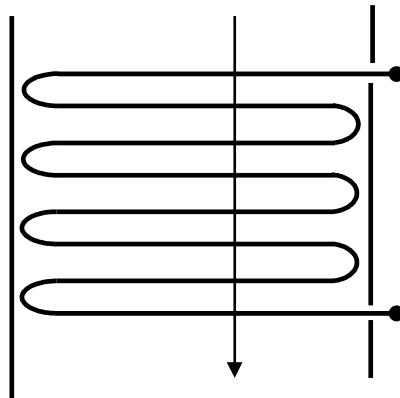
$$l_{h.n} = (i' - i_0) \frac{G}{D} l$$

4.8 BỀ MẶT NUNG NÓNG ĐỐI LƯU VÀ BỨC XẠ

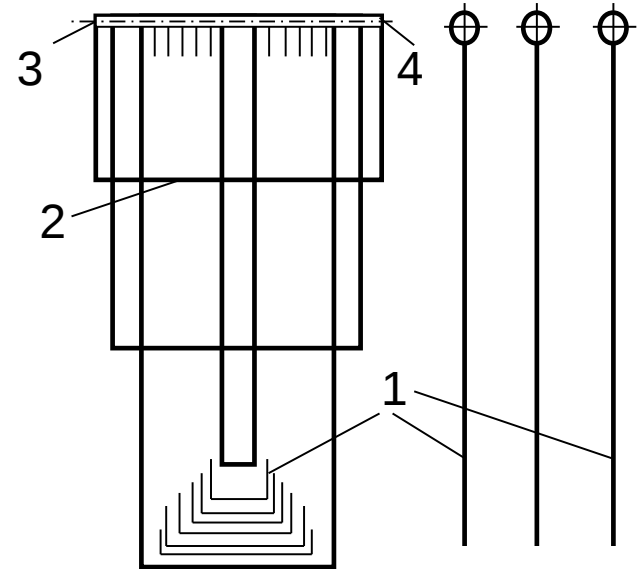
■ Thiết bị quá nhiệt hơi:



**Bề mặt nung nóng
đối lưu kiểu thẳng
đứng**

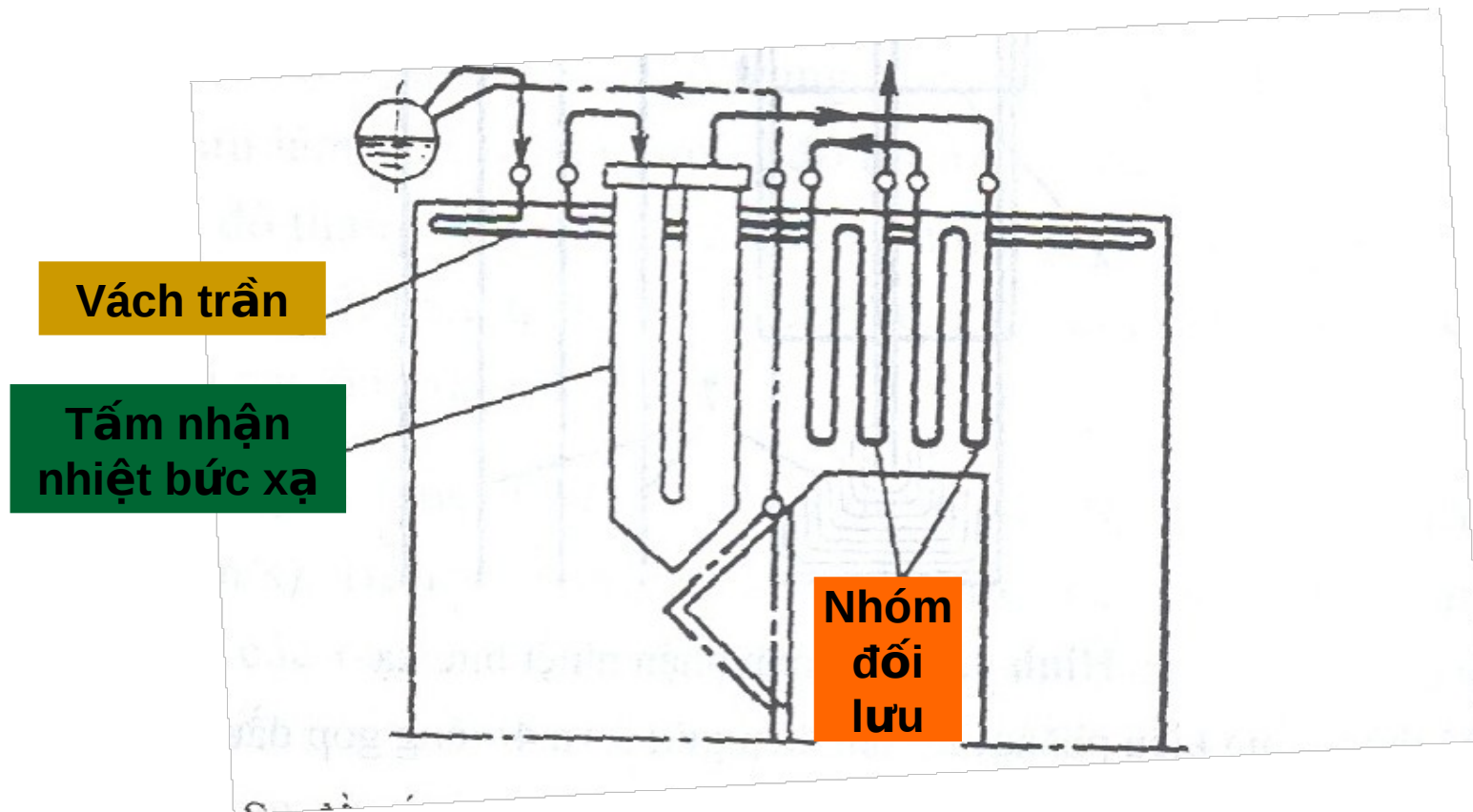


**Bề mặt nung nóng
đối lưu kiểu nằm
ngang**



**Bề mặt nhận nhiệt
bức xạ.** 1-Hệ thống
ống kiểu phẳng, 2-ống
kẹp giữ, 3và4-Ống góp
đầu vào và đầu ra

Sơ đồ nối các thành phần của thiết bị hơi áp suất cao



Thiết bị hâm nóng không khí

■ Thiết bị làm nóng không khí kiểu ống:

- 1-Đầu vào không khí lạnh
- 2-Đầu ra không khí nóng

■ Thiết bị nung nóng không khí kiểu hoàn nhiệt quay

- 1-Rôto; 2-Thân cố định; 3-Tấm đệm; 4-Bánh răng lớn; 5-Bánh răng nhỏ; 6-Độ giảm tốc; 7-Động cơ điện; B_T và B_D tấm phía trên và dưới ngăn cách dòng khí cháy và không cháy

