

CONCEPTE FUNDAMENTALE UTILE ÎN EXERCITAREA PROFESIEI DE INGINER

DISCIPLINA: TERMOTECNICA

1. STARE TERMODINAMICĂ NORMALĂ. DEFINITIE. ENUMERAREA CELOR DOUĂ TIPURI DE STĂRI TERMODINAMICE NORMALE, CU PRECIZAREA VALORILOR TEMPERATURILOR ȘI PRESIUNILOR CARACTERISTICE CELOR DOUĂ STĂRI.

R: Starea termodinamică normală este starea de referință, ce permite compararea proprietăților macroscopice ale sistemelor termodinamice în fază (stare de agregare) gazoasă, în aceleași condiții de presiune și temperatură. Sunt definite două stări normale:

- a) starea normală fizică, definită de temperatura $T_N = 273,15 \text{ K}$ ($t_N = 0^\circ\text{C}$) și de presiunea $p_N = 101325 \text{ Pa}$ ($= 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,013 \text{ bar}$);
- b) starea normală tehnică, definită de temperatura $T_n = 293,15 \text{ K}$ ($t_n = 20^\circ\text{C}$) și de presiunea $p_N = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($= 1 \text{ at} = 1 \text{ kgf-cm}^2 = 0,981 \text{ bar}$)

2. PRINCIPIUL I AL TERMODINAMICII. DEFINITIE. EXPRESII MATEMATICE (SISTEME ÎNCHISE ȘI DESCHISE).

R: Principiul I al termodinamicii reprezintă exprimarea matematică a legii generale a conservării și transformării energiei unui sistem dintr-o formă într-alta, putând fi enunțat prin mai multe formulări:

- a) Căldura se poate transforma în lucru mecanic sau poate fi obținută prin transformarea lucrului mecanic întotdeauna cu respectarea raportului de echivalență: $1 \text{ kcal} = 427 \text{ kgfm}$.
- b) Nu se poate realiza o mașină termică care să funcționeze continuu, care să producă lucru mecanic fără a consuma o cantitate echivalentă de căldură. O astfel de mașină, care ar produce lucru mecanic continuu, fără să consume o cantitate echivalentă de căldură se numește perpetuum mobile de speța I (de ordinul I).
- c) Perpetuum mobile de speța I este imposibil.
- d) Nu se poate realiza o mașină care să producă energie de o anumită formă, fără a consuma o cantitate echivalentă de energie de altă formă.
- e) Nu se poate realiza o mașină care să consume energie fără a ceda în exterior o cantitate echivalentă de altă formă de energie.

Expresia matematică în formă integrală a principiului I pentru un sistem termodinamic închis, care evoluează într-un proces finit între două stări, inițială -1 și finală -2, este:

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = Q_{12} - L_{12}$$

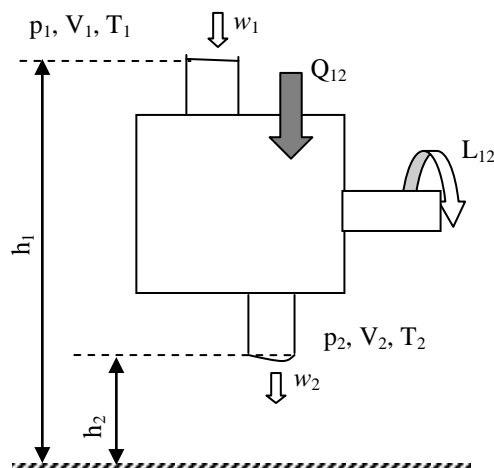
unde U_1, U_2 [J]- energia internă în starea inițială și, respectiv, finală; ΔU_{12} [J] - variația energiei interne a sistemului la trecerea din starea 1 în starea 2, Q_{12} [J] – căldura primită de sistemul termodinamic și L_{12} [J] - lucrul mecanic schimbat de sistem cu exteriorul, pe parcursul procesului 1-2.

Expresia matematică a principiului I al termodinamicii pentru un sistem termodinamic deschis, în care sistemul termodinamic este reprezentat de fluidul de lucru evoluează între intrarea -1 și ieșirea -2, de pe frontiera sistemului, este:

$$Q_{12} - L_{12} = I_2 - I_1 + m \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + mg \left(z_2 - z_1 \right) \quad [\text{J}]$$

unde Q_{12} – căldura schimbată de sistem cu exteriorul, L_{12} – lucrul mecanic schimbat de sistem cu exteriorul; I_1, I_2 – entalpia fluidului de lucru la intrare și, respectiv ieșire; m – masa sistemului; w_1, w_2 - viteza fluidului de lucru la intrare și, respectiv, la ieșire; g – accelerația gravitațională, iar

h_1, h_2 – reprezintă cotele de nivel față de referință, ale zonei de intrare și de ieșire din a fluidului de lucru.



3. ECUAȚIA TERMICĂ DE STARE PENTRU UN GAZ PERFECT. SEMNIFICAȚIA MĂRIMILOR ȘI UNITĂȚILE DE MĂSURĂ ALE ACESTORA.

R: Ecuația termică de stare pentru un gaz perfect este exprimată de relația:

$$pV = mR_iT$$

p – presiunea absolută, [Pa];

V – volumul, [m³];

m – masa, [kg];

R_i – constanta gazului perfect, [J K⁻¹kg⁻¹];

T – temperatura absolută, [K].

4. CAPACITATE TERMICĂ MASICĂ. DEFINITIE. EXPRESIA MATEMATICĂ, CU PRECIZAREA SEMNIFICAȚIILOR MĂRIMILOR CARE INTERVIN. UNITĂȚI DE MĂSURĂ.

R: c se numește capacitate termică masică și reprezintă căldura necesară pentru încălzirea unui corp (sistem termodinamic) cu masa de 1 kg cu un grad. Capacitatea termică depinde de masa și de natura corpului, de temperatură, de presiune, iar la gaze depinde și de condițiile în care se face încălzirea gazului (la presiune sau la volum constant).

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad [\text{J K}^{-1}\text{kg}^{-1}]$$

unde: Q [J] - căldura introdusă,

m [kg] – masa,

ΔT [K] – diferența de temperatură.

Dacă sistemul termodinamic este în stare gazoasă, atunci capacitatea termică se poate exprima în [J K⁻¹m⁻³], raportată la condițiile normale fizice.

5. RANDAMENT TERMIC TEORETIC: DEFINITIE, RELATIE DE CALCUL, SEMNIFICAȚIA MĂRIMILOR ȘI UNITĂȚILE DE MĂSURĂ ALE ACESTORA.

R: Definim *randamentul termic teoretic*, notat cu η_t , al unui ciclu termodinamic raportul dintre lucrul mecanic efectuat pe ciclu, L_c , și căldura introdusă în sistem (fluidul de lucru) pe parcursul ciclului, Q :

$$\eta_t = \frac{L_{ciclu}}{Q} = \frac{Q - |Q_0|}{Q} = 1 - \frac{|Q_0|}{Q} \quad [-]$$

unde Q [J] - căldura introdusă în sistem,
 Q_0 [J] – reprezintă căldura evacuată din ciclu,
 L_c [J] - lucrul mecanic efectuat pe ciclu.

6. PRINCIPIUL AL II-LEA AL TERMODINAMICII (FORMULAREA LUI CLAUSIUS).

R: Căldura nu poate trece de la sine (în mod natural) de la un corp cu temperatură scăzută la un corp cu temperatură mai ridicată.

7. ENTROPIE. DEFINIȚIE, SIMBOLIZARE, UNITATE DE MĂSURĂ. LEGEA ENTROPIEI.

R: Entropia unui sistem termodinamic, a fost introdusă ca noțiune de R. Clausius (1865) a pentru a defini raportul dintre integrala căldurii introduse într-un proces reversibil la temperatură constantă, pe baza conceptului pe care îl introdusese anterior “*ceea ce se schimbă, după ce se revine la starea inițială, după un ciclu*”, fiind considerat și *o măsură a capacității sistemului de a efectua lucru mecanic util*.

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad [\text{J K}^{-1}]$$

Se notează cu dS , variația elementară a entropiei, δQ [J] - căldura elementară schimbată de sistem cu mediul exterior, T [K] – temperatura la care loc schimbul de energie sub formă de căldură.

Legea entropiei, denumită și inegalitatea lui Clausius, este valabilă atât pentru procesele termodinamice reversibile, cât și pentru cele ireversibile, fiind exprimată prin relația:

$$\int \frac{\delta Q}{T} \geq 0$$

Dacă procesul este reversibil, $\int \frac{\delta Q_{rev}}{T} = 0$, iar dacă procesul este ireversibil $\int \frac{\delta Q_{irev}}{T} > 0$

8. VAPORI. DEFINIȚIE. TIPURI DE VAPORI.

R: Vaporii: starea gazoasă a oricărei substanțe din natură, aflată în imediata apropiere a stării lichide.

Dacă vaporii conțin și picături de lichid în suspensie se numesc **vapori saturați umezi**, dacă lichidul e complet evaporat – **vapori saturați uscați**, iar dacă vaporii uscați sunt încălziți în continuare la o temperatură mai ridicată, față de temperatura lor de saturație, se obțin **vapori supraîncălziți**.

9. ARDEREA SI COMBUSTIBILUL

R: Arderea este un proces chimic exotermic obținut prin oxidarea combustibililor.

Combustibilii sunt surse de energie termică, izvoare termodinamice. Se numesc combustibili, substanțele care îndeplinesc o serie de condiții.

Condiții ce trebuie îndeplinite de o substanță pentru a fi combustibilă:

1. se pot combina cu oxigenul din aer cu viteza suficient de mare, degajând energie termică;
2. să nu aibă alte întrebări superioare;
3. să aibă un preț acceptabil;
4. produsele arderii să nu conțină elemente toxice;

În esență un combustibil se compune din *masa combustibilă*, formată din componentele active care participă la procesul de ardere și *balastul*, reprezentat din compușii care nu iau parte la acest proces. Necesitățile de calcul impun detalierea acestor două mari părți în elementele componente, prin analiza chimică elementară, care indică compoziția chimică fie prin elemente primare, fie prin compușii stabili care alcătuiesc combustibilul.

Analiza chimică “elementară”:

Analiza chimică elementară exprimă participarea masică a elementelor care formează masa combustibilă, cât și conținutul de cenușă, azot și umiditate care formează balastul. Elementele chimice din care este format un combustibil solid sau lichid sunt: carbonul (C), hidrogenul (H), sulful (S), azotul (N), oxigenul (O), umiditatea (W) și cenușa (A).

$$c+h+s+n+o+w+a=1 \text{ [kg]}$$

Analiza elementară a unui combustibil gazos indică participațiile volumice ale gazelor simple, componente stabile din punct de vedere chimic, al căror amestec formează combustibilul.

De exemplu:

Hidrogen (H₂)_c, oxid de carbon (CO)_c, metan (CH₄)_c, hidrocarburi de tipul (C_mH_n)_c, oxygen (O₂)_c, bioxid de carbon (CO₂)_c. Între participațiile volumice există relația:

$$(H_2)_c + (CO)_c + (CH_4)_c + \sum (C_m H_n)_c + (O_2)_c + (CO_2)_c + (N_2)_c = 1 m^3$$

Raportat la condiții specifice (de obicei normale N = 1 atm atmosfera fizică și 0 grade C, adică 273 K)

Puterea calorifică (calorică) a unui combustibil, notată cu H, reprezintă căldura degajată prin arderea perfectă și completă a unității de cantitate de combustibil, raportată la o temperatură de referință. Pentru combustibilii lichizi și solizi, puterea calorică se exprimă în kJ/kg, iar pentru combustibilii gazoși, în kJ/m_N³.

În funcție de starea de agregare, în care se evacuează apa produsă prin ardere, se definesc:

- *puterea calorică superioară* (H_s), în care caz apa este considerată a fi evacuată în stare lichidă, la temperatura precizată (de obicei 20 grade),
- *puterea calorică inferioară* (H_i), în care caz apa este considerată a fi evacuată în stare de vapori, la temperatura precizată (de obicei 20 grade).