



UNIVERSITATEA „POLITEHNICA“ DIN TIMISOARA
FACULTATEA DE MECANICA
DEPARTAMENTUL DE MASINI MECANICE UTILAJE SI
TRANSPORTURI

Catedra de Termotehnica, Masini Termice și Autovehicule Rutiere
Bd. Mihai Viteazul 1, 300222 Timisoara Tel. Secretariat: +40(0)256403661; Șef
Catedră 40(0)256403675
E-mail: tmtar@mec.utt.ro Fax Decanat: +40(0)256-203911

Nr 4 din 18.02.2011

Către,
Decanatul Facultății de Mecanică

Vă transmitem propunerile noastre privind tematica probei scrise a examenului de licență (subiecte) pentru sesiunea iunie-iulie 2011, conform adresei 91/05.01.2011:

1. Disciplina de Termotehnica

1. Stare termodinamică normală. Definiție. 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. Definiție. 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:

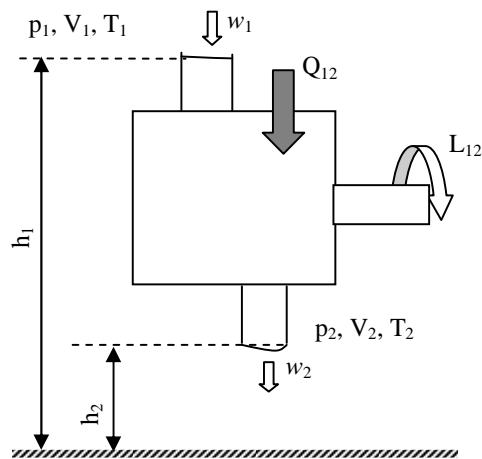
$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = Q_{12} - L_{12}$$

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:

$$Q_{12} - L_{12} = I_2 - I_1 + m \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + mg(h_2 - h_1) \quad [\text{J}]$$

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. Definiție. 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 $[\text{J K}^{-1}\text{m}_N^{-3}]$, raportată la condițiile normale fizice.

5. Randament termic teoretic: definiție, relație de calcul, semnificația marimilor 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. Vaporii. Definiție. Tipuri de vaporii.

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

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

9. Arderea și 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 viteză suficient de mare, degajând energie termică;
2. să nu aibă alte întrebuințări 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 (H_2)_c, oxid de carbon (CO)_c, metan (CH_4)_c, hidrocarburi de tipul (C_mH_n)_c, oxygen (O_2)_c, bioxid de carbon (CO_2)_c. Între participațiile volumice există relația:

$$(H_2)_c + (CO)_c + (CH_4)_c + \sum (C_mH_n)_c + (O_2)_c + (CO_2)_c + (N_2)_c = 1 \text{ m}^3$$

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

Puterea calorică (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_N^3 .

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).

4. Definiții/enunțuri/formule pentru 40 concepte aferente specializării.

1. Conducția termică, definiție, mărimi caracteristice.

R: Conducția termică este procesul de transfer de căldură dintr-o zonă cu temperatură mai ridicată către o zonă cu temperatură mai coborâtă în interiorul unui corp termodinamic (solid, lichid sau gazos) sau între medii diferite în contact fizic direct între care există o diferență de temperatură.

Conform teoriei cinetico-moleculare, temperatura unui corp este proporțională cu energia cinetică medie a particulelor constituente. Transferul de căldură prin conducție poate fi:

- în cazul corpurilor solide prin difuzia electronilor liberi;
- în cazul corpurilor fluide (lichide sau gaze) prin ciocniri elastice din aproape în aproape între molecule sau atomi, acestea rămânând imobile, lucru greu de realizat atunci când există un gradient de temperatură - apare în mod necesar convecția și radiația.

În majoritatea lucrărilor în care se studiază transferul de căldură se notează prin Q căldura totală transferată în timpul τ (exprimată în J) și prin \dot{Q} fluxul de căldură (căldura transferată în unitatea de timp, exprimată în W)

$$\dot{Q} = \frac{\Delta Q}{\Delta \tau} \quad [W]$$

Densitatea fluxului de căldură, q reprezintă căldura transferată pe unitatea de suprafață, în unitatea de timp:

$$q = \frac{Q}{S} = \frac{\Delta Q}{S \Delta \tau} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

în care S este suprafața prin care se realizează transferul de căldură, în $[m^2]$.

În corpurile solide cu temperatură neuniformă se realizează transfer de căldură prin conducție din zonele cu temperatură mai ridicată către zonele cu temperaturi mai scăzute. Fluxul termic transferat prin conducție între două suprafețe izoterme cu temperaturi diferite pe direcția n (normală) și prin suprafața dS va fi, conform legii lui Fourier:

$$Q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dS \quad [W]$$

Pe unitatea de suprafață, fluxul termic unitar,

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad [W/m^2]$$

Conductivitatea termică $\lambda [W/(m.K)]$ este o mărime dependentă de substanță și temperatură, iar în cazul gazelor, și de presiune. Se determină pe cale experimentală.

2. Convecția liberă și convecția forțată.

R: Convecția termică reprezintă modul general de transmitere a energiei termice în cazul fluidelor în mișcare. Prin convecție termică se înțelege transmiterea căldurii între un fluid în mișcare și un perete care delimitează mișcarea fluidului. Convecția termică se poate defini (într-un context mai larg) prin schimb de căldură între o suprafață solidă oarecare și un fluid, între care există contact direct și o mișcare relativă. Pentru producerea schimbului de căldură este necesară existența unei diferențe de temperatură între perete și fluid. Transferul de căldură prin convecție are loc în mai multe etape. Să presupunem, spre exemplu, transferul de căldură de la un perete mai cald (fig. 1) cu temperatura t_p , la un fluid mai rece, în mișcare, cu temperatura t_f .

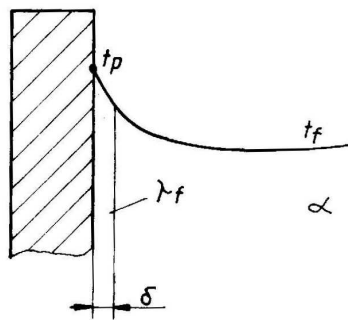


Fig. 1 Transferul de căldură prin convecție, între un fluid și un perete plan

În prima fază energia termică de la suprafața peretelui trece la particulele de fluid adiacente acestuia prin conducție; ceea ce are ca efect ridicarea temperaturii și a energiei interne a acestor particule de fluid. Acest proces se desfășoară într-un strat de fluid de lângă perete, de grosime δ , denumit strat limită. Apoi aceste particule cu energie mai mare se deplasează către zone de fluid cu temperaturi mai scăzute, unde, prin amestec cu alte particule transmit o parte din energia lor. Astfel, convecția este un proces complex de transfer de energie, masă și impuls.

Fluxul de căldură transmis prin convecție \dot{Q}_c [W] între un perete și fluid, depinde de foarte mulți factori. Formula lui Newton permite determinarea fluxului de căldură \dot{Q}_c :

$$\dot{Q}_c = \alpha_c S (t_p - t_f)$$

unde: α_c [W/m²K] – este coeficientul de convecție

S [m²] - aria suprafeței de transfer termic

t_p, t_f [°C] - temperatura suprafeței peretelui, respectiv a fluidului.

Legea lui Newton, reprezintă relația de definiție a coeficientului de convecție α_c . Astfel definit, transferul de căldură prin convecție, face ca în coeficientul de convecție α_c , să fie înglobați toți factorii care determină procesul de convecție. Deci, α_c , devine o funcție complexă, cu multe variabile.

3. Convecția liberă în spații înguste

R: În cazul în care stratul de fluid se găsește între doi pereți apropiați, sau între două tuburi concentrice, spațiul disponibil pentru mișcarea fluidului este în general redus. În aceste situații energia termică se transmite atât prin conducție, cât și prin convecție. Cu cât stratul de fluid este mai mic, preponderentă este transmiterea căldurii prin conducție. Cu cât stratul de fluid are grosime mai mare, cu atât intervine mai mult convecția. Forma spațiului, dimensiunea și

temperatura pereților învecinați determină mișcarea fluidului. În aceste spații limitate (ferite), mișcarea este practic în regim laminar.

În figura 1 s-a reprezentat modul de mișcare al fluidului în câteva tipuri de spații limitate.

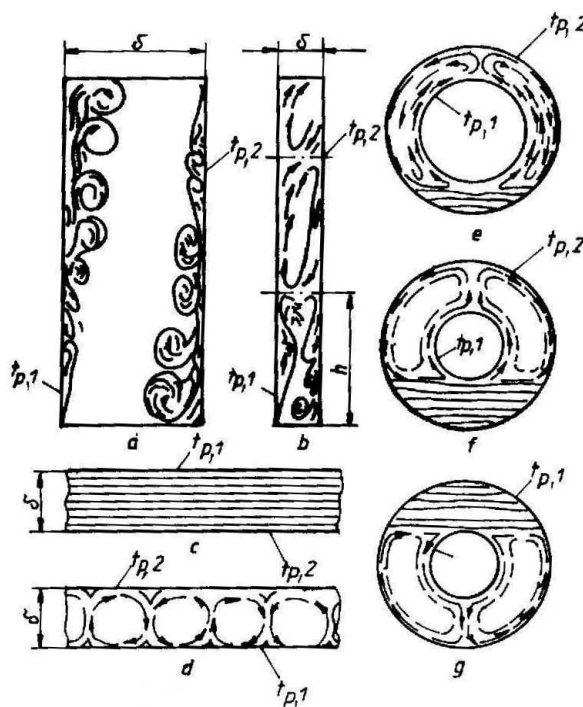


Fig. 1 Mișcarea fluidului în spații limitate

Analizând mișcarea fluidului din fig. 1 se constată:

- dacă distanța δ între pereți (fig.a) este relativ mare, curenții ascendenți (de pe peretele cu $tp_1 > tp_2$) nu se interferează cu curenții descendenți (de pe peretele cu temperatura $tp_2 < tp_1$);
- dacă distanța δ este mică (fig.b), curenții ascendenți și descendenți produc bucle de circulație de înălțime "h", înălțime care depinde de intensitatea procesului de transfer termic, distanța δ și de natura fluidului;
- în cazul suprafețelor plane orizontale, mișcarea fluidului este determinată de poziția suprafeței calde față de suprafața rece, dacă suprafața caldă este deasupra (cazul c), mișcarea fluidului este practic nulă, dacă se inversează suprafețele (cazul d), transferul termic se intensifică mult, apar curenții descendenți și ascendenți, interferența dintre ele formând bucle de circulație similare cu cazul b;
- în cazul suprafețelor cilindrice orizontale concentrice, modul de mișcare a fluidului (e,f,g) se aseamănă cu mișcarea descrisă în cazul c și d și anume buclele de circulație apar numai în zonele în care suprafața caldă (tp_1) este relativ așezată sub suprafața rece, iar în zonele în care suprafața caldă este sus, nu există circulație de fluid. Pentru suprafețele sferice concentrice, mișcarea fluidului este identică cu cazurile e, f, g, descrise mai sus.

În cazurile prezentate mai sus, energia termică se transmite, exceptând radiația, prin conducție și convecție.

Fluxul de căldură transmis se va calcula cu formulele de la conducția termică, dar în locul conductivității termice " λ " se va introduce "conductivitatea echivalentă":

$$\lambda_{\text{echiv.}} = \chi\lambda;$$

4. Convecția forțată. Noțiuni elementare

R: Convecția forțată, reprezintă transferul de căldură între un perete și un fluid care spală perețele și care curge datorită unor forțe externe, care crează presiunea de circulație a fluidului. Convecția fluidului este produsă prin existența unei diferențe de presiune între două puncte de pe traseul de curgere, diferență de presiune creată de o pompă, un ventilator, exhaustor, vântul cauzat de existența unei presiuni între două zone ale atmosferei sau căderea liberă a unui fluid, etc. În aceste cazuri se poate determina (estima) viteza de curgere a fluidului, viteză care este sensibilă și nu tinde către zero.

Procesul transferului termic prin convecție într-o conductă este foarte complicat, depinde atât de modul curgerii, cât și de încălzirea sau răcirea fluidului. Temperatura fluidului variază atât în secțiune transversală, cât și în lungul conductei.

Teoretic s-a reușit să se calculeze transferul de căldură prin convecție, , pentru diferite situații; s-au stabilit relații de forma:

$$Nu = f(Pr \cdot Re)$$

dar aceste relații pot da abateri până la 100% față de procesul real. Din această cauză se utilizează tot mai mult relațiile empirice, stabilite de diferiți autori.

5. Ce este biocombustibilul? Prezentați avantajele producerii de bio-diesel din cultura algelor

R: Biocombustibilul este un combustibil care are la bază C, H și în general elemente combustibile, dar a căror origine nu este fosilă, ci provine din biomasă, plante, deșeuri, nămol, etc. Se consideră că sunt neutre din punct de vedere al emisiei de CO₂. Câteva avantaje ale bio-dieselului sunt:

- Utilizarea unor cantități de apă mult mai mici decât în cazul culturilor de plante uleioase;
- Utilizarea a mult mai puțin teren decât în cazul culturilor de plante uleioase clasice și mai ales posibilitatea utilizării oricărui tip de teren, inclusiv deșertic;
- Posibilitatea captării și neutralizării CO₂ produs în alte ramuri energetice, acesta fiind avantajul cel mai important.

6. Ce reprezintă procesul de fermentație anaerobă și care sunt elementele chimice cele mai uzuale care apar în biogazul rezultat ?

R: Prin acest tip de fermentație are loc o degradare anaerobă (în absența aerului) a materiei prime organice și transformarea lor în metan, hidrogen și alte produse combustibile, sub acțiunea mai multor grupe de microorganisme.

Elemente chimice uzuale : metan, bioxid de carbon, hidrogen sulfurat – în diferite proporții.

7. Notăm cu D_e -diametrul interior al scaunului supapei de evacuare și cu D_a -diametrul interior al scaunului supapei de admisiune. Care dintre acestea este mai mare și de ce?

R: Media pe durata procesului de admisiune a diferenței dintre presiunea din galeria de admisiune și presiunea din cilindru este mai mică decât media pe durata procesului de evacuare a diferenței dintre presiunea din cilindru și presiunea din galeria de evacuare. Dacă diametrele ar fi egale ar rezulta ca debitul evacuat (presupunând că avem și aceleași secțiuni medii) ar fi mai mare decât cel admis! Cu atât mai mult dacă $D_a < D_e$! Asta ar însemna că o parte din încărcatura

proaspata ar trece spre evacuare, pierzandu-se. Trebuie deci ca $De < Da$, pentru a evita scaparile de incarcatura proaspata catre evacuare si prin aceasta cresterea pierderilor si afectarea lucrului mecanic indicat.

Diametrul interior al scaunului supapei de admisiune trebuie sa fie cat mai mare pentru a se asigura accesul in cilindru a unei cantitati cat mai mari de incarcatura proaspata. Pe de alta parte in perioada evacuarii libere (cand se evacueaza majoritatea gazelor din cilindru) diferenta dintre presiunea din cilindru si presiunea din galeria de evacuare este mare (de ordinul barilor), fapt ce permite o evacuare buna si pentru sectiuni mai mici. Pe de alta parte, un diametru marit pentru sectiunea de evacuare duce la scaderea rapida a presiunii in cilindru pe perioada evacuarii libere, conducand la scaderea lucrului mecanic indicat. In consecinta, $De < Da$ pentru a maximiza lucrul mecanic indicat

8. Ce diferențe există între motoarele cu aprindere prin scânteie și cele cu aprindere prin comprimare d.p.d.v. al formării amestecului.

R: La majoritatea motoarelor cu aprindere prin scanteie amestecul aer-carburant se formeaza in exteriorul cilindrului fie prin carburatie fie prin injectie (monopunct sau multipunct continua si/sau intermitenta) fie prin amestecare (GPL) astfel ca in cilindru intra un amestec format, cvasiomogen. La motoarele cu aprindere prin comprimare amestecul aer-carburant se formeaza in interiorul cilindrului pe parcursul injectiei si a procesului de ardere, fiind in permanenta eterogen. Fenomenele de vaporizare si difuzie implicate in formarea amestecului sunt mai lente la m.a.s. (desfasurandu-se la temperaturi relativ scazute) decat la m.a.c. (unde temperaturile sunt ridicate).

Exista si m.a.s.-uri cu injectie directa cu formarea interna a amestecului dar si motoare cu aprindere prin comprimare cu formarea externa a amestecului (motoare cu incarcatura omogena si aprindere prin comprimare (HCCI)).

9. Care sunt procesele ce se desfășoară pe cursa de comprimare? Dar schimburile de energie?

R: Pe cursa de comprimare se termina procesul de admisiune, se desfasoara procesul de comprimare si incepe procesul de ardere. Sistemul gaz din cilindru isi modifica energia pe parcursul cursei de comprimare datorita schimbului de caldura prin peretii cilindrului, a aportului de masa prin supapa de admisiune, a lucrului mecanic efectuat de piston asupra gazului din cilindru si datorita caldurii degajate prin arderea carburantului.

10. Care sunt pierderile evidențiate prin randamentul mecanic?

R: Randamentul mecanic η_m este definit ca fiind raportul dintre puterea efectiva P_e si puterea indicata P_i . Intre P_e si P_i exista relatia:

$$P_e = P_i - P_{rp}$$

Unde P_{rp} este puterea corespunzatoare rezistentelor proprii motorului si cuprinde puterea pierduta prin frecare si prin antrenarea diverselor sisteme (pompe de alimentare, injectie de apa, de ulei, alternator, ventilator, etc., functie de standardul de determinare a puterii efective!).

11. In ce constă turbosupraalimentarea și care sunt beneficiile acestui procedeu?

R: Supraalimentarea motoarelor cu ardere internă constă în introducerea încărcăturii proaspete sub presiune în cilindrul motorului cu scopul creșterii cantitatii de incarcatura captata in cilindru și, în final, a puterii motorului, fără modificarea dimensiuni cilindrului.

La motorul turbosupraalimentat încărcătura proaspătă este comprimată cu ajutorul unei suflante(compresor) antrenata de o turbina actionata de gazele arse evacuate. Fata de varianta cu aspiratie, un motor turbosupraalimentat are avantajul unei puteri superioare, a unui randament efectiv mai mare si a unui nivel de poluare mai scazut.

12. Există diferențe între rapoartele de comprimare ale mas respectiv mac. De ce?

R: Rapoartele de comprimare la m.a.s. sunt mai mici decat la m.a.c. datorita posibilitatii aparitiei detonatiei (la m.a.s.) si datorita necesitatii atingerii unor presiuni si temperaturi ridicate necesare autoaprinderii (la m.a.c.). Astfel, raportul de comprimare la m.a.s. este inferior lui 11, pe cand raportul de comprimare la m.a.c. este superior lui 12.

13. Ce înțelegeți prin caracteristici ale unui motor cu ardere internă și care este scopul determinării acestora.

R: Diagramele (graficele) care evidentiaza curbele de variatie ale unor marimi sau indici de performanta (putere, moment, consum specific, noxe, etc.)in functie de un parametru de regim (turatie, sarcina) sau de un parametru de reglaj (avansul la injectie sau la declansarea scanteii, coeficientul de dozaj, etc.), se numesc caracteristici ale motorului. Ele se determina pe stand, cu scopul de a evidentia performantele motorului si a posibilitatilor de imbunatatire a acestora. Prelucrarea acestor caracteristici permite elaborarea datelor necesare obtinerii caracteristicii complexe utilizata ca referinta de catre unitatea de control electronic a functionarii motorului.

14. Definiti puterea motorului

R: Puterea instantanee P reprezintă prin definiție viteza de variație în timp a energiei E transferate de un sistem, adică:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

Dacă energia se transferă sub formă de lucru mecanic atunci puterea se numește putere mecanică:

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{dL}{dt}$$

În practică puterea mecanică se calculează considerând raportul dintre variația lucrului mecanic ΔL și perioada de timp Δt în care se realizează această variație (dacă variația este periodică), adică:

$$P = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

La motoarele cu ardere internă se consideră intervalul de timp Δt ca fiind durata ciclului în secunde, t_c , iar variația de lucru mecanic ΔL este de fapt lucrul mecanic realizat pe ciclu L_c , astfel că putem scrie:

$$P = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L_c}{t_c}$$

15. Elementele caracteristice pentru centralele de producere a energiei electrice si termice.

R: Elementele caracteristice pentru centralele de producere a energiei electrice sunt:

- tipul centralei, în funcție de energia primară transformată în energie electrică ,
- felul instalațiilor din centrala electrică, iar în cazul centralelor termoelectrice – ciclul termodinamic al transformării energiei termice în energie mecanică,
- rolul centralei electrice în sistemul energetic (centrală de bază, centrală de vârf, centrală de rezervă),
- puterea unitară a grupurilor electrogene și puterea totală a centralei,
- felul curentului electric (continuu, alternativ, frecvența curentului alternativ),
- tensiunea curentului electric produs în centrală și tensiunea curentului electric livrat în rețeaua de distribuție,
- factorul de putere nominal.

16. Definiți sarcina electrică a centralei. Ce este curba de sarcină electrică? Care sunt tipurile de curbe de sarcină electrică?

R: Sarcina electrică a centralei reprezintă cantitatea de energie electrică pe care o produce centrala în perioada de timp specificată, pentru alimentarea directă a consumatorilor sau pentru a fi furnizată în sistemul energetic.

Curba de sarcină electrică a unei centrale reprezintă variația puterii produsă momentan P_p în funcție de timp, de centrala în cauză.

Tipurile de curbe de sarcină electrică sunt:

- **curba de sarcină zilnică** reprezintă variația puterii produsă momentan P_p în funcție de timp pe durata unei zile (24 h);
- **curba de sarcină clasată** reprezintă curba puterilor pentru o perioadă de timp (lună, an)

trasată

Răspuns:

17. Definiți sarcina termică a centralei. Care sunt tipurile de sarcini termice ce pot fi acoperite de o centrală?

R: Sarcina termică reprezintă energie termică pe care o produce o centrală pentru:

- încălzire și ventilație (încălzirea clădirilor publice, industriale sau private, respectiv preîncălzirea aerului în instalațiile de ventilație industriale, etc),
- utilizarea în scopuri industriale (tehnologice) pentru procese tehnologice care implică încălzirea lichidelor, a gazelor sau a unor materiale solide,
- utilizarea în scopuri casnice și personale, pentru alimentarea cu apă caldă a locuințelor.

18. Care sunt instalațiile de bază necesare pentru funcționarea unei centrale termoelectrice?

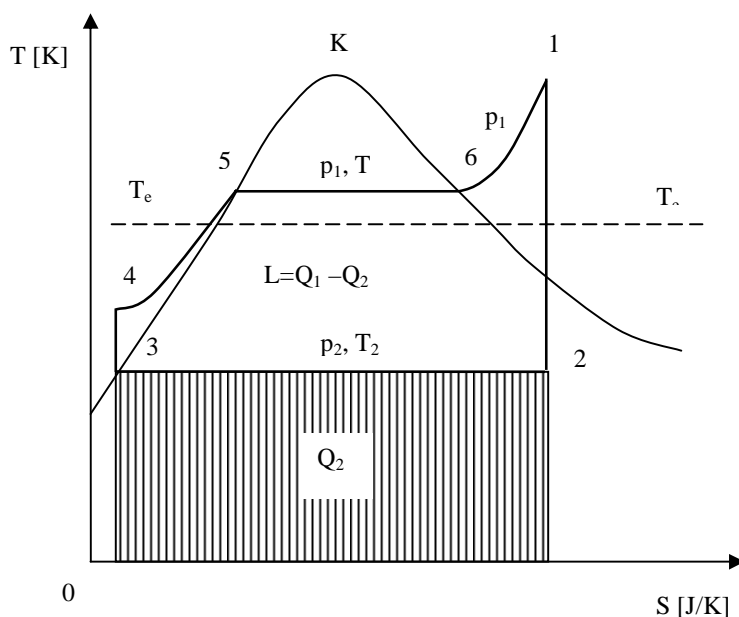
R: Grupul *instalațiilor de bază* ale centralei cuprinde următoarele părți funcționale:

- Instalații pentru manipularea combustibilului și evacuarea zgurii și a cenușei.
- Instalații pentru producerea aburului (agregate de cazane cu abur).
- Instalații de producere a energiei electrice din energie mecanică (grupuri turbogeneratoare).
- Instalații electrice (pentru livrarea energiei electrice)

Astfel se amintesc: cazanul, turbina, generatorul electric, condensatorul, pompele de circulație, evacuare, alimentare, generatorul electric, etc.

19. Care sunt metodele de crestere a randamentului termic pentru o centrala functionand pe baza ciclului termodinamic Clausius – Rankine? Exemplificati o metoda (reprezentarea ciclului termodinamic corespunzator).

R:



Randamentul termic al ciclului teoretic pentru o centrală termoelectrică cu condensare, funcționând după ciclul Clausius – Rankine cu fluid de lucru apă, este:

$$\eta = \frac{L}{Q} = \frac{P}{\dot{Q}} = \frac{\dot{Q}_1 - |\dot{Q}_2|}{\dot{Q}_1} = 1 - \frac{|\dot{Q}_2|}{\dot{Q}_1} = 1 - \frac{T_2}{T_e}$$

unde: L [J] - lucrul mecanic produs ciclic

Q [J] - căldura consumată ciclic

P [W] - puterea produsă în instalație

\dot{Q}_1 [W] - fluxul de căldură introdus în agentul termic ce parcurge procesul ciclic

\dot{Q}_2 [W] - fluxul de căldură evacuat din agentul termic ce parcurge procesul ciclic

T_2 [K] - temperatura corespunzătoare procesului de condensare (a sursei reci)

T_e [K] - temperatura echivalentă corespunzătoare procesului de încălzire (a sursei calde)

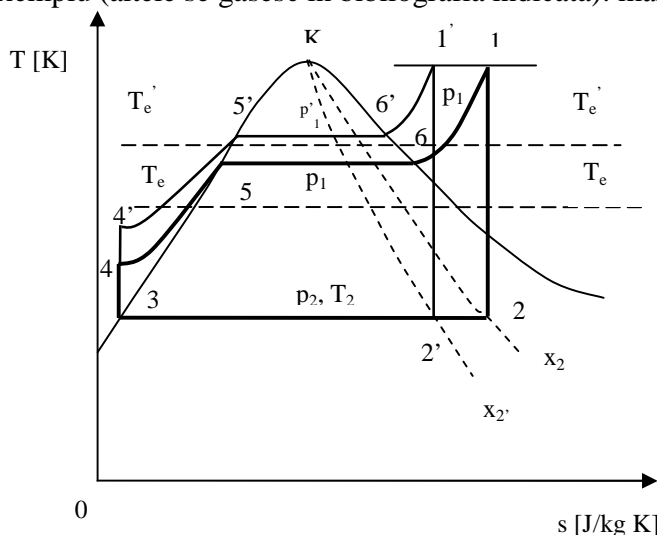
Din definirea randamentului termic, rezultă că majorarea acestuia este posibilă prin:

- creșterea fluxului de căldură introdus \dot{Q}_1 (la $\dot{Q}_2 = \text{constant}$)
- scăderea fluxului de căldură evacuat \dot{Q}_2 (la $\dot{Q}_1 = \text{constant}$)

Metodele de creștere a randamentului termic prin creșterea fluxului de căldură introdus sunt: mărirea presiunii aburului produs, mărirea temperaturii aburului produs, mărirea simultană a presiunii și temperaturii aburului produs, supraîncălzirea intermediară,

Metodele de creștere a randamentului termic prin scăderea fluxului de căldură evacuat sunt: scăderea presiunii din condensator, respectiv a temperaturii de condensare, preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare a cazanului (carnotizarea ciclului Clausius - Rankine), termoficarea.

Exemplu (altele se găsesc în bibliografia indicată): mărirea presiunii p_1 a aburului produs



20. Ce este pragul de nocivitate!

R: Prin prag de nocivitate se înțelege efectul cumulat generat de existența simultană a mai multor poluanți pentru a limita riscurile generate de epoluare. Cercetările au stabilit *limita* (granița) *tolerabilă* a diferiților poluanți în aer, în condițiile protejării sănătății oamenilor. S-a ajuns la concluzia că impurificarea atmosferei poate determina trei *riscuri*:

a) *toxicitatea imediată*, datorată expunerii la concentrații relativ ridicate ale poluanților. Aceste cazuri sunt mai puțin întâlnite și se datorează unor situații excepționale, ca de exemplu apariția unor accidente în funcționarea instalațiilor industriale;

b) *intoxicarea pe termen mai lung*, care apare în cazul expunerii la substanțe cu proprietăți cumulative, ele fiind reținute în organism, în stare activă, un timp oarecare. Absorbția repetată a micilor doze din aceste substanțe și eliminarea lor greoaie creează premisele atingerii pragului de concentrație toxică la nivelul receptorilor sensibili. Este cazul metalelor (plumb, mercur, cadmiu), al fluorului, dar și al anhidridei sulfuroase și acidului sulfuric, susceptibile de a contribui la apariția bronșitelor cronice;

c) *inducția proliferărilor maligne*, care rezultă din expunerea la substanțe considerate cancerigene sau potențial cancerigene. Între aceste substanțe se numără substanțele aromatice: dimetilaminobenzenul, dimetilaminostilbenul, benzospirenul (provenit mai ales de la motoarele diesel prost reglate) sau dietilnitrosamina. Alături de aceste hidrocarburi, o acțiune similară pot declanșa derivații arsenului, cobaltului, zincului, plumbului și cromului.

Trebuie remarcat că nu numai factorul concentrație este esențial pentru mediul ambiant, ci și alte condiții, printre care se amintesc cele meteorologice și acțiunile sinergetice ale poluanților, la care se adaugă stările fiziologice și variațiile individuale de sensibilitate ale ființei umane.

Relația după care se calculează pragul de nocivitate este:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{i\max}} \leq 1$$

în care:

C_i – este concentrația substanței poluante în aer, în mg/m^3 ;

$C_{i\max}$ – concentrația maxim admisă pentru substanța poluantă în aer, în mg/m^3 ;

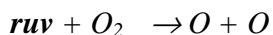
Se vor folosi raportări corelate la condiții normale de temperatură și presiune.

21. Ce reprezintă stratul de ozon și ce rol are? Exemplificați un gaz care contribuie la distrugerea sa ?

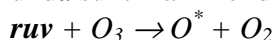
R: Stratul de ozon este numit așa în mod fictiv. Nu este un strat format numai din O_3 . Pământul este înconjurat de un așa zis **strat de ozon** situat la o altitudine foarte mare. Acest strat filtrează aproximativ două treimi din razele ultraviolete (UV) emise de Soare. Dacă toate razele ar ajunge pe Pământ, ar fi dăunătoare vieții de pe planetă. Stratul de ozon este situat în stratosferă, întinzându-se de la 15 la 50 de km, fiind însă cel mai concentrat la 20-25 km. Practic, este vorba de aer ozonat și nu de ozon pur, având un număr mai mare de molecule de ozon în compoziție decât aerul obișnuit (care conține mai ales azot și oxigen).

În stratul de ozon are loc o transformare continuă între diferitele forme de oxigen. Moleculele obișnuite de oxigen, O_2 , scindează în atomi de oxigen, O. Aceștia se unesc cu moleculele de oxigen formând ozonul, O_3 . În timp, sub acțiunea unor compusi chimici nocivi (așa numitele gaze ce distrug stratul de ozon) ozonul se descompune din nou în oxigen normal O_2 și atomi singolari de oxigen, O. Un gaz care are un efect extrem de activ și nociv este N_2O (protoxidul de azot)

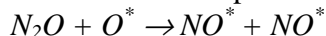
În stratosferă se absorb razele cu lungimea de undă între 200 nm și 242 nm de către moleculele de O_2 . Rezultă disocierea acestora și producerea de ozon O_3 .



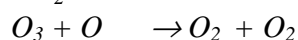
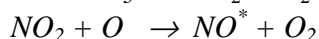
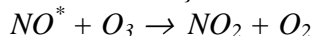
unde **M** este un partener de activare. Ozonul astfel format absoarbe razele în domeniul 200–340 nm și se descompune în oxigen molecular și atomic, în cadrul fotolizelor. Dacă însă lungimile de undă sunt mai mici decât 310 nm, se formează *oxigenul singular*, în stare activată (O^*):



O^* reactionează apoi cu N_2O , rezultând protoxidul de azot activat (NO^*):



Urmează reacția catalitică în care NO^* atacă ozonul, distrugându-l ireversibil:



Acesta este **ciclul Johnston–Crutzen** de distrugere a stratului de ozon. Ozonul este atacat și de alți radicali ca de exemplu hidrocarburi pe bază de fluor și/sau clor. Cel mai important catalizator, ce contribuie cu aproximativ 25% la distrugerea stratului de ozon este însă radicalul NO^* , produs din descompunerea protoxidului de azot (N_2O).

Obs: valorile numerice nu trebuie reținute decât în măsura în care sunt relevante, se pot da și explicații principiale.

22. Care sunt unitățile de măsură uzuale pentru emisii?

R: Emisiile de noxe se exprimă uzual în concentrație masică C_m [mg/m^3 , mg/m^3 cu specificarea condițiilor de temperatura și presiune] și în concentrație volumică C_v [ppm].

Având în vedere că $1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, rezultă relația de transformare de la concentrația volumică C_v [ppm] la concentrația masică C_m [mg/m^3]:

$$C_m = C_v \cdot \frac{M_G}{22,41383} \quad [\text{mg} / \text{m}^3 \text{ N}]$$

în care:

- M_G este masa moleculară a gazului nociv, în kg/kmol ;

- 22,41383 – volumul molar, în condiții normale ($0^\circ\text{C}=273,15 \text{ K}$, $1013 \text{ mbar}=1,013 \cdot 10^5 \text{ bar}$), în m^3/kmol .

În practica industrială, concentrația masică C_m a unei noxe se exprimă în mod frecvent în mg/m^3 , cu referire la condiții normale.

23. Ce este efectul de seră? Dați exemple de gaze cu efect de seră!

R: Efectul de seră este un efect global ce are ca rezultat modificarea (creșterea) temperaturii medii în Troposferă, cu efecte devastatoare asupra planetei (riscuri majore care afectează ecosistemul natural): topirea ghețarilor, creșterea nivelului mărilor, dispariția zonelor coastale care generează o obicei activități agricole și, mutații genetice, dislocarea habitatelor naturale ale faunei și florei, refugiați din motive de lipsa de hrană, condiții climatice, etc.) Se fac eforturi majore pentru a limita creșterea la sub 2 grade luând ca nivel anul 1990! Dacă temperatura va crește cu peste 4 grade se prelină schimbări climatice majore, cu consecințe extrem de grave legate de dispariția uscatului, reducerea calotei glaciare, dispariția zonelor de coastă, migrația climatică (și din motive de foamete), etc.

În Figură se schematizează generarea efectului de seră, datorat nu numai prezenței gazelor cu efect de seră, dar și particulelor și altor condiții specifice.

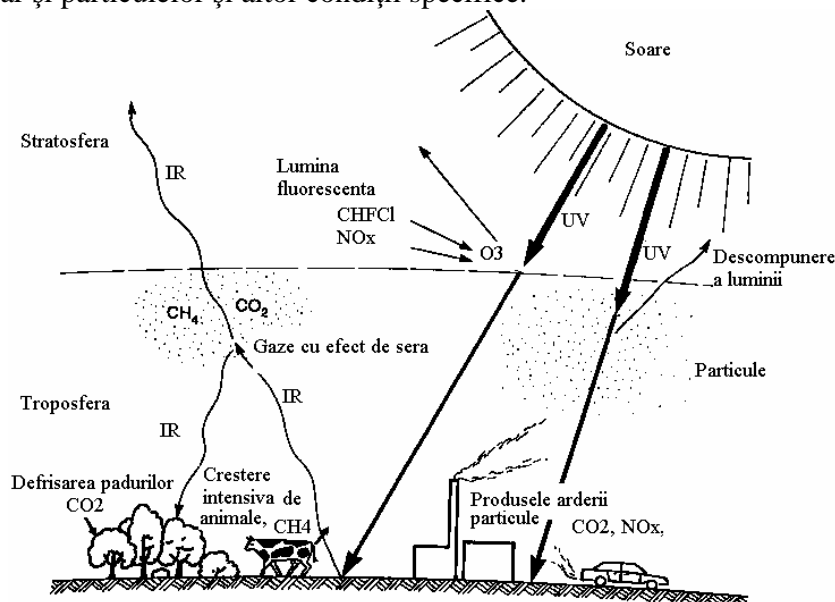


Fig. 1 Efectul de seră.

De la Soare razele incidente, preponderente din domeniul ultraviolet (UV cu lungimea de undă între 200 și 400 nm) sunt reflectate și dispersate la ieșirea din stratosferă și tropopauză, datorită prezenței metanului, dioxidului de carbon, CH-FC și respectiv a particulelor. Odată cu reflectarea la sol, energia luminoasă ce o poartă se transformă cu precădere în căldură, iar razele reflectate își schimbă lungimea de undă (devin IR adică infraroșii). Gazele cu efect de seră au proprietatea de

a împiedica radiația de a se întoarce înapoi spre stratosferă deoarece absorb cu precădere aceste raze IR (având lungimea de undă între 1000 și 10000 nm), și astfel se produce un dezechilibru în bilanțul energetic, în favoarea reținerii în troposferă a căldurii, între cantitatea de energie ce pătrunde respectiv părăsește troposfera. Ca urmare, datorită sporirii cantităților antropice de gaze cu efect de seră, temperatura medie la sol de circa 15 °C (față de – 20 °C în cazul lipsei acestor gaze) este în continuă creștere.

Obs: valorile numerice nu trebuie reținute decât în măsura în care sunt relevante, se pot da și explicații principiale.

24. Care este formula de calcul al debitelor de noxe la arderea unui combustibil? Se vor explica mărimile ce intervin, unitățile de măsura în SI sau tolerate.

R: Emisiile de noxe pot fi exprimate și ca raport dintre masa noxei și puterea calorifică inferioară a combustibilului.

Emisia masică absolută se stabilește cu una din relațiile următoare 1, 3 sau 4:

$$\dot{m} = K \cdot B_{ef} \cdot H_i^i \text{ [kg noxa/s]}$$

Unde emisia K, raportată la puterea calorifică inferioară H_i^i a combustibilului (analiză inițială), depinde de concentrația masică C_m ,:

$$K = 10^{-6} \cdot \frac{C_m(V_{gt})_\lambda}{H_i^i} \text{ [kg/GJ]}$$

$$\dot{m} = 10^{-6} \cdot B_{ef}(V_{gt})_\lambda \cdot C_m \text{ [kg noxa/s]}$$

$$\dot{m} = B_{ef} \cdot (V_{gt})_\lambda \cdot C_v \cdot \frac{M_G \cdot 10^{-6}}{22,4138} \text{ [kg noxa/s]}$$

în care

- B_{ef} este debitul efectiv de combustibil, în kg/s sau m^3_N/s .
- M_G este masa moleculară a gazului nociv, în kg/kmol;
- 22,41383 – volumul molar, în condiții normale ($0^\circ C = 273,15 \text{ K}$, 1013 mbar = $1,013 \cdot 10^5 \text{ bar}$), în $m^3/kmol$,
- H_i^i – este puterea calorifică inferioară, în GJ/kg sau GJ/m^3_N ;
- $(V_{gt})_l$ – cantitatea de gaze totală pentru un anumit λ , în $[m^3_N/kg]$;
- C_m – concentrația masică, în $[mg/m^3_N]$.

25. Care este regula ce trebuie aplicată la supravegherea concentrațiilor poluanților majori (și exemplificați care sunt aceștia) pentru a fi comparate cu limitele admisibile stabilite de legislația în vigoare?

R: Pentru **supravegherea emisiilor la CTE** cu puteri mai mari de 50 MWe sunt necesare aparate și instalații care să poată măsura în gazele de ardere (fum) uscate (sau umede):

- debitul (apă sau abur), în t/h;
- emisia de praf, în mg/m^3_N ;
- emisia de SO_2 , în mg/m^3_N ;
- emisia de NO_x , în mg/m^3_N ;
- emisia de CO, în mg/m^3_N ;
- concentrația de CO_2 , în %;
- concentrația de oxigen (O_2)f, în %.

Pentru supravegherea emisiilor, se impune raportarea lor la concentrații volumice de bază ale oxigenului în fum O_B , conform cu 0de mai jos (nu trebuie memorat).

Valorile concentrațiilor oxigenului O_B pentru care au fost fixate limitele concentrației maxime a noxelor în gazele de ardere, înainte de a fi evacuate prin coșul de fum. (emisie)

Tipul focarului	O_B [%]
Focar cu grătar	7
Focar cu strat fluidizat	7
Focar cu praf de cărbune și evacuarea cenușii în stare solidă	6
Focar cu evacuarea cenușii în stare lichidă	5
Focar pentru combustibil lichid	3
Focar pentru combustibil gazos	3

Recalcularea valorilor măsurate C_M ale concentrației noxelor gazoase este necesară pentru a putea compara valorile măsurate și recalculate cu valorile limită, știut fiind faptul că într-un amestec de gaze contează masa fiecărei componente. În gazele de ardere concentrația de oxigen (masa de oxigen) este relevantă pentru calitatea arderii și randamentul acesteia. De aceea se ia O_2 în fum $(O_2)_f$ ca și valoare care permite transformarea către

Un alt argument este cel legat de faptul că recalcularea se face ținându-se seama că etalonarea aparatelor s-a făcut pentru valoarea de referință de 0°C , pe de o parte, dar și de situațiile când valorile măsurate ale concentrației oxigenului în gazele de ardere $O_M = (O_2)_f$ sunt diferite (în cele mai multe cazuri) de cele indicate în tabel, notate cu O_B .

Relația de recurență este:

$$C_{B(\text{raportata la } O_B)} = \frac{21 - O_B}{21 - O_M} \cdot C_M$$

în care: O_M este valoarea măsurată a oxigenului în fum, în %;

O_B – valoarea de referință, conform tabelului, în %.

Exemple

$$C_{CO} = 1,25 \frac{21 - O_{2\text{ref}}}{21 - O_2} CO_{\text{ppm}} \quad \left[\text{mg/m}^3 \right]$$

$$C_{NO_x} = 2,0525 \frac{21 - O_{2\text{ref}}}{21 - O_2} (NO + NO_2)_{\text{ppm}} \quad \left[\text{mg/m}^3 \right]$$

$$C_{SO_2} = 2,858 \frac{21 - O_{2\text{ref}}}{21 - O_2} (SO_2)_{\text{ppm}} \quad \left[\text{mg/m}^3 \right]$$

Se vor folosi raportări corelate la condiții normale de temperatură și presiune.

26. Agenții frigorifici și impactul asupra mediului.

R: Agentul frigorific este o substanță care îndeplinește condiția, ca la presiuni bine precizate, să se vaporizeze la o temperatură scăzută și să se condenseze la temperatura mediului ambiant. Alegerea agentului frigorific cel mai indicat pentru o anumită aplicație cade în sarcina proiectantului și constructorului instalației frigorifice. În ceea ce privește frigotehnistul, acesta este obligat să știe cu ce agent frigorific este încărcată instalația pentru ca în cazul completării cu agent să nu amestece în nici un caz agenți frigorifici diferiți. Pe lângă agentul frigorific clasic

(amoniac), se folosesc în mare măsură compușii fluorurați sau clorurați ai metanului (CFC-urile). Se mai folosesc derivatele etanului (C_2H_6), propanului (C_3H_8), butanului (C_4H_{10}). În tot domeniul mașinilor frigorifice cu compresoare, până la temperaturi ale vaporilor reci de $-120^{\circ}C$ se folosesc derivate fluor-clor (sau brom) indiferent că sunt compresoare cu piston, elicoidale sau turbocompressoare.

La o altitudine mai mare de 15 km CFC-urile disociază fotolitic sub acțiunea tot mai puternică a razelor solare, eliberând atomii de clor. Acești atomi reacționează în lanț cu ozonul O_3 formând oxidul de clor ClO și oxigen O_2 . Se estimează că o singura moleculă de clor distruge o mie de molecule ozon. Pentru a compara între ele efectele diferiților agenți frigorifici fiecăruia i s-a atribuit un indice caracteristic privind potențialul distructiv asupra ozonului ODP (ex. R11 și R12 au $ODP=1$).

Se estimează că CFC-urile sunt responsabile de 20% din creșterea efectului de sera. Același rol au hidroclorofluorcarburile HCFC, hidrocarburile monohalogene HFC, metanul, vaporii de apă, de aceea pentru a le compara efectele s-a introdus potențialul de încălzire globală a atmosferei GWP (ex. R11 are $GWP=1$, R115 are $GWP=7,5$).

27. Care sunt sarcinile de răcire pentru un depozit frigorific ?

R: Sarcinile de răcire pentru un depozit frigorific sunt:

- sarcina de racire datorata infiltrarii de caldura din exterior;
- sarcina de racire datorata racirii si congelarii produselor;
- sarcina de racire datorata aerisirii sau infiltrarii aerului ambiant;
- sarcina de racire datorata degradarii biologice a produselor depozitate;
- sarcina de racire datorata chiciurii de pe vaporizatoare;
- sarcina de racire datorata activitatii oamenilor;
- sarcina de racire datorata iluminatului;
- sarcina de racire datorata functionarii ventilatorului;

28. Să se definească eficiența energetică a răcirii și coeficientul de performanță.

R: Ambele reprezintă raportul dintre efectul util și energia consumată pentru realizarea acestuia. Eficiența energetică a răcirii este raportul dintre căldura evacuată din spațiul sau agentul răcit și lucrul mecanic consumat în acest scop, iar coeficientul de performanță este raportul dintre căldura introdusă în scop de încălzire și lucrul mecanic consumat.

29. Pe ce fenomen fizic se bazează funcționarea mașinii frigorifice cu absorbție ?

R: Mașina frigorifică cu absorbție se bazează pe afinitatea pe care o au unele substanțe solide sau lichide față de vaporii altor substanțe utilizate ca agent frigorific. În urma absorbirii (dizolvării) acestor vaporii de către substanța absorbantă se formează o soluție binară omogenă. Ridicarea presiunii acestei soluții cu ajutorul unei pompe și încălzirea ei dă posibilitatea obținerii unor vaporii de agent frigorific la o presiune suficient de ridicată pentru a putea fi condensată la temperatura mediului ambiant. Condensul obținut este laminat și apoi vaporizat în vaporizator, vaporii fiind absorbiți de absorbitor și ciclul se reia.

30. Care sunt părțile componente ale mașinii frigorifice cu compresie mecanică de vaporii ?

R: Compresorul în care se realizează ridicarea presiunii agentului frigorific de la presiunea de vaporizare la cea de condensare; vaporizatorul unde are loc extragerea căldurii din spațiul răcit;

condensatorul prin care se evacuează căldura în mediul ambiant și ventilul de reglare, cu dublu rol: de coborâre a presiunii și de reglare a debitului de agent.

31. Cum se realizează comprimarea la compresoarele cu comprimare volumică comparativ cu cele cu comprimare cinetică?

R: Compresoarele volumice constau din organe fixe și mobile, care prin mișcarea lor relativă generează o cavitate cu volum periodic variabil în interiorul mașinii. Această cavitate este pusă în legătură alternativ, printr-un sistem numit distribuție, cu fluidul cu presiune ridicată, cât și cu cel cu presiune scăzută.

Compresoarele cu comprimare cinetică sunt compuse din două grupuri de organe: statorul (totalitatea pieselor fixe) și rotorul (totalitatea pieselor în mișcare de rotație). Schimbul de energie dintre fluid și paletele rotorului, se realizează datorită forțelor de inerție ale fluidului. Momentul exterior, care produce modificarea momentului cinetic al fluidului ce străbate compresorul, este chiar momentul transmis de către palete fluidului din partea motorului de antrenare. Momentul cinetic al fluidului crește de la intrare spre ieșire.

32. Care sunt parametrii funcționali ai compresoarelor, pompelor și ventilatoarelor?

R:

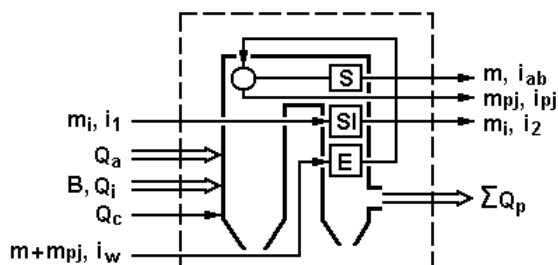
- pompe: debitul volumic V , înălțimea de pompare $H[m]$;
- ventilatoare: debitul volumic în condiții normale V_N și sarcina Δp_{tot} [N/m^2 sau $mm\ H_2O$];
- compresoare: V_N și raportul de comprimare: σ [-];
- turația "n" la care se realizează creșterea de presiune și debitul;
- puterea consumată P_c , adică puterea necesară antrenării.

Cunoscând puterea consumată și turația se poate alege motorul de antrenare:

$$M = \frac{30 \cdot P_c}{\pi \cdot n}$$

33. Care este principiul pentru determinarea randamentului termic brut al cazanelor pe cale directă?

R: Eficiența energetică a cazanelor este apreciată pe baza *randamentului termic brut*. Randamentul termic brut al unui cazan se definește pe baza *bilanțului termic* al cazanului. Bilanțul termic al unui cazan exprimă egalitatea dintre fluxurile energetice intrate și cele ieșite din cazan (balanța energetică). Pentru definirea mărimilor care intervin se folosește conturul de bilanț din fig. următoare:



Conturul de bilanț al unui cazan.

S – supraîncălzitor; SI – supraîncălzitor intermediar; E – economizor.

B – debit de combustibil; m – debite masice de apă/abur; i – entalpii; Q –

fluxuri termice.

Ecuația de bilanț se scrie:

$$BQ_i + \dot{Q}_a + \dot{Q}_c + (\dot{m} + \dot{m}_{pj})i_w + \dot{m}_i i_1 = \dot{m} i_{ab} + \dot{m}_{pj} i_{pj} + \dot{m}_i i_2 + \sum \dot{Q}_p$$

unde: B este debitul de combustibil, în [kg/s] pentru combustibili solizi sau lichizi, respectiv în [m³/s] pentru combustibili gazoși;

Q_i este puterea calorică a combustibilului, în [kJ/kg] pentru combustibili solizi sau lichizi, respectiv în [kJ/m³_N] pentru combustibili gazoși;

\dot{Q}_a este fluxul de căldură preluat de aerul de ardere de la o sursă exterioară (adică dacă el este încălzit în afara instalației de cazan), în [kW] – dacă aerul este preîncălzit în instalația de cazan căldura sa fizică este recirculată în interiorul conturului de bilanț și nu participă în relația (8.1);

\dot{Q}_c este fluxul de căldură preluat de combustibil de la o sursă exterioară (adică dacă el este încălzit în afara instalației de cazan), în [kW];

\dot{m} este debitul masic al apei/aburului livrat, în [kg/s];

\dot{m}_{pj} este debitul masic al purjei continue, în [kg/s];

\dot{m}_i este debitul masic al aburului resupraîncălzit în supraîncălzitorul intermediar, în [kg/s];

i_w este entalpia apei de alimentare a cazanului, în [kJ/kg];

i_1, i_2 sunt entalpiile aburului resupraîncălzit, la intrare, respectiv la ieșirea di cazan, în [kJ/kg];

i_{pj} este entalpia purjei, în [kJ/kg];

$\sum \dot{Q}_p$ este suma fluxurilor de căldură considerate pierderi, în [kW].

Relația precedentă se pune sub forma:

$$BQ_i = \dot{m} (i_{ab} - i_w) + \dot{m}_{pj} (i_{pj} - i_w) + \dot{m}_i (i_2 - i_1) - \dot{Q}_a - \dot{Q}_c + \sum \dot{Q}_p$$

și exprimă repartizarea energiei chimice a combustibilului.

Se consideră *flux energetic util* (\dot{Q}_u) fluxul de energie preluat de apă și abur în cazan, adică expresia:

$$\dot{Q}_u = \dot{m} (i_{ab} - i_w) + \dot{m}_{pj} (i_{pj} - i_w) + \dot{m}_i (i_2 - i_1)$$

Randamentul termic brut este definit de expresia:

$$\eta_{tb} = \frac{\dot{Q}_u - \dot{Q}_a - \dot{Q}_c}{BQ_i}$$

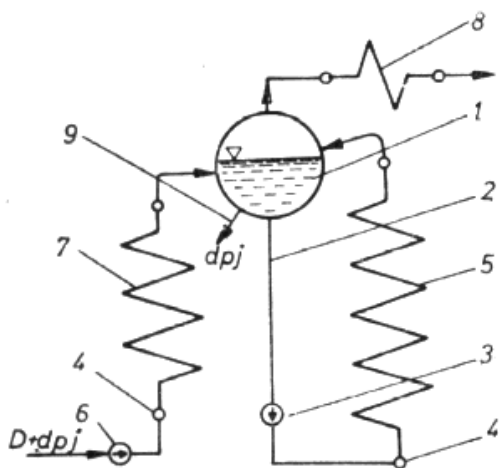
adică, prin definiție, randamentul termic brut este raportul dintre fluxul de căldură preluat de apă și abur în cazan, diminuat cu fluxurile de căldură provenite din surse exterioare, și fluxul de căldură provenit din arderea combustibilului. Randamentul termic brut exprimă gradul de folosire a energiei combustibilului.

34. Care este principiul de funcționare al cazanelor cu circulație forțată multiplă?

R: La creșterea parametrilor aburului, densitatea aburului crește mult mai rapid datorită creșterii presiunii decât scade datorită creșterii temperaturii. Ca urmare scade diferența dintre densitatea

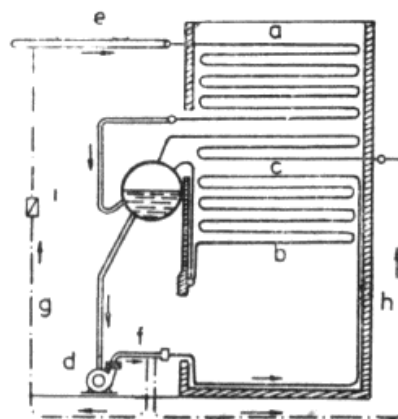
apei și a aburului, scade diferența de greutate dintre o coloană de apă care nu primește căldură și una care primește, fenomen care se întâmplă în special în ecranele generatoarelor de abur. Ca urmare viteza de circulație a apei prin aceste ecrane se micșorează, iar la o variație a sarcinii circulația se poate chiar opri. Oprirea circulației apei conduce la lipsa răcirii țevilor respective, care se pot supraîncălzi, depășind temperatura de calcul. Materialul din care sunt executate este solicitat peste rezistența sa și poate ceda. Pentru evitarea acestor accidente au apărut generatoare de abur la care circulația apei este asigurată cu o pompă. Aceste generatoare se numesc *cu circulație forțată*.

Generatoarele de abur cu circulație forțată multiplă, cunoscute și sub numele de generatoare de abur *La Mont* sunt caracterizate prin faptul că pompa de circulație asigură doar circulația forțată prin ecrane, circulația prin celelalte suprafețe de schimb de căldură realizându-se datorită presiunii generate de pompa de alimentare, exact ca la generatoarele de abur cu circulație naturală. Pentru vaporizarea apei, la fel ca la generatoarele cu circulație naturală este nevoie de treceri multiple prin ecrane, de unde vine numele lor, *cu circulație forțată multiplă*. Schema de principiu a circulației unui astfel de generator seamănă mult cu cea a unui generator cu circulație naturală (fig.). un element caracteristic generatoarelor de abur cu circulație naturală sau cu circulație forțată multiplă este existența tamburului, care asigură o suprafață de separație netă între apă și abur și menținerea procesului de vaporizare într-o zonă dată.



Schema circuitului apă-abur
a generatoarelor de abur cu
circulație forțată multiplă :

1 — tambur; 2 — țevi coboritoare; 3 —
pompa de circulație; 4 — colector; 5 —
sistemul fierbător; 6 — pompă de ali-
mentare; 7 — economizor; 8 — supra-
încălzitor; 9 — purja.



Schema de principiu a
generatorului de abur

La Mont :

a — economizor; b — vaporizator; c — supraîncălzitor; d — pompa de circulație; e — conductă de alimentare; f — conductă de refulare a pompei; g — conductă de recirculație; h — conductă de umplere cu apă a supraîncălzitorului la pornire; i — clapetă de reținere.

35. Prezențați comparativ cazane de încălzire uzuale (de perete, pardoseală, CAF). Care este principiul lor? Schitați!

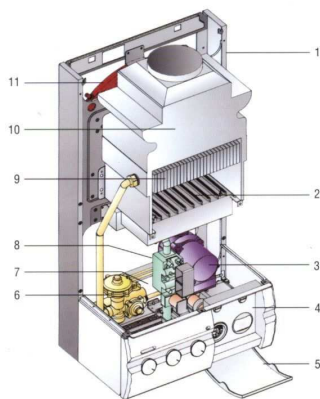
R: Sunt destinate exclusiv producerii de agent termic necesar încălzirii. Dacă sunt destinate numai producerii de apă caldă sanitară (menajeră) li se spune *boilere*. Dacă sunt destinate producerii atât agentului termic necesar încălzirii cât și apei calde sanitare li se spune *centrale termice*.

Centralele termice de apartament sunt destinate încălzirii unui apartament individual sau a unei case individuale nu prea mari. Se fabrică cu puteri de 20 – 40 kW. De obicei sunt amplasate pe perete (*centrale termice de perete*). Ele pot fi cu tiraj natural sau forțat. Din punct de vedere al preparării apei calde menajere ele pot fi cu prepararea instantanee a apei sau cu acumulare (cu prepararea apei în prealabil).

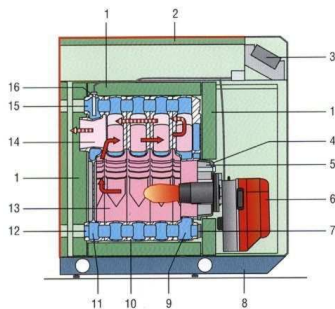
La puteri mai mari, de 20 – 60 kW, destinate încălzirii unei clădiri cu mai multe nivele centralele se amplasează pe pardoseală (*centrale de pardoseală*). În aceste cazuri de obicei există spațiul necesar satisfacerii cerințelor ISCIR pentru centrale cu aspirație naturală astfel că de obicei toate aceste centrale au aspirație de acest tip.

Pentru încălzirea a unui obiectiv industrial, a unui complex de clădiri sau a unei zone de cartier se pot folosi generatoarele de abur cu volum mare de apă.

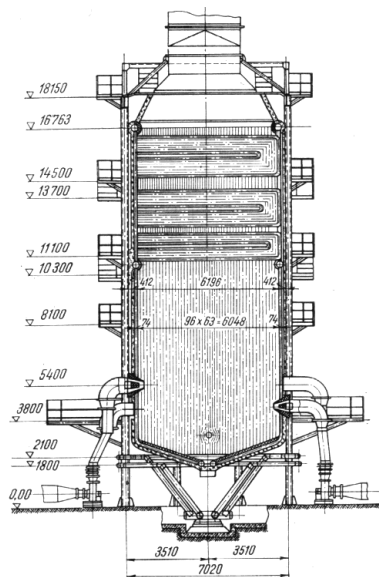
Pentru încălzirea unei platforme industriale sau a unui oraș, aceasta se preconizează să se facă prin termoficare. Prepararea agentului termic de termoficare (apă fierbinte) se face în principiu cu abur prelevat din prizele reglate de 2 bar (prizele de termoficare) ale turbinelor din CET-uri. Temperatura agentului de termoficare preparat cu abur din turbină este de max. 120 °C. În regim de iarnă grea ridicarea temperaturii agentului termic până la 150 °C se poate face în cazane de apă fierbinte (CAF).



Componența unei centrale de perete cu prepararea instantanee a apei calde sanitare.



Schema unei centrale De pardoseală



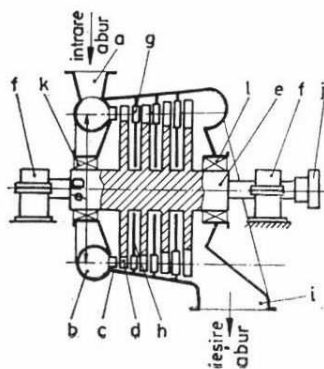
Cazan pentru apă fierbinte, debit 100 Gcal/h, tip CAF.

36. Descrieți rolul și prezentați elemente esențiale ale turbinelor cu acțiune: principiu, construcție, profilul paletelor!

R: Turbinele cu acțiune sunt mașini termice care transformă energia termică a fluidului de lucru în energie mecanică. Ele sunt caracterizate prin aceea că fluidul de lucru (de exemplu abur) se destinde exclusiv în ajutaje, transformare prin care căderea de entalpie disponibilă este transformată în energie cinetică (viteza aburului), energie captată apoi de palete și transmisă arborelui în rotație.

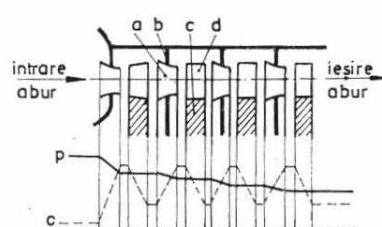
Din punct de vedere constructiv turbinele cu acțiune sunt caracterizate de prezența discurilor și a diafragmelor. Construcția și părțile unei turbine cu acțiune sunt prezentate în fig. de mai jos. Distribuțiile presiunilor și a vitezelor în treptele unei turbine cu acțiune sunt prezentate în fig. de mai jos.

Profilul paletelor trebuie să fie astfel conceput încât să capteze energia cinetică a jetului de abur prin întoarcerea lui, cât mai aproape de 180° . În acest scop canalul interpaletar trebuie să aibă o secțiune practic constantă. Cunoșcând dimensiunile necesare pentru canal și unghiurile necesare la intrarea, respectiv la ieșirea din palete se poate trasa un profil al paletelor care să îndeplinească condițiile date.

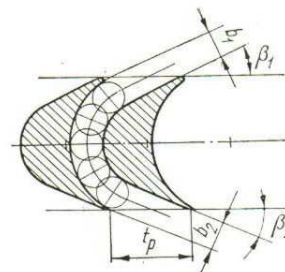


Turbină cu acțiune. Părți componente.

a) racordul de intrare al aburului; b) camera de distribuție a aburului; c) carcasa; d) paletele rotorului; e) arborele; f) carcasa lagărelor; g) ajutaje; h) diafragmă; i) racord de ieșire a aburului; j) cuplajul; k) labirintii exteriori IP; l) labirintii exteriori JP



Distribuțiile presiunilor (p) și a vitezelor (c) în treptele unei turbine cu acțiune



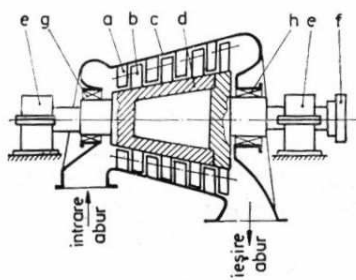
Exemplu de profil de palete cu acțiune.

37. Descrieți rolul și prezentați elemente esențiale ale turbinelor cu reacțiune: principiu, construcție, profilul paletelor!

R: Turbinele cu reacțiune sunt mașini termice care transformă energia termică a fluidului de lucru în energie mecanică. Ele sunt caracterizate prin aceea că fluidul de lucru (abur sau gaze) se destinde atât în ajutaje cât și în paletele rotorului, transformare prin care căderea de entalpie disponibilă este transformată în energie cinetică (viteza aburului), energie captată apoi de palete și transmisă arborelui în rotație.

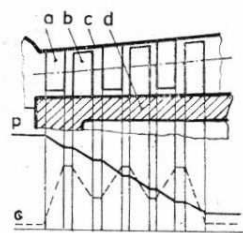
Din punct de vedere constructiv turbinele cu reacțiune sunt caracterizate de un rotor în tambur pe care sunt fixate paletele direct, respectiv lipsa discurilor și a diafragmelor. Construcția și părțile unei turbine cu reacțiune sunt prezentate în fig. de mai jos. Distribuțiile presiunilor și a vitezelor în treptele unei turbine cu reacțiune sunt prezentate în fig. de mai jos.

Profilul paletelor trebuie să fie astfel conceput încât să destindă aburul până la presiunea de la ieșirea din treaptă și să capteze energia cinetică a jetului de abur prin întoarcerea lui, cât mai aproape de 180° . În acest scop canalul interpaletar trebuie să aibă o secțiune în formă de ajutaj convergent, sau convergent-divergent, după caz. Cunoșcând dimensiunile necesare pentru canal și unghiurile necesare la intrarea, respectiv la ieșirea din palete se poate trasa un profil al paletelor care să îndeplinească condițiile date.

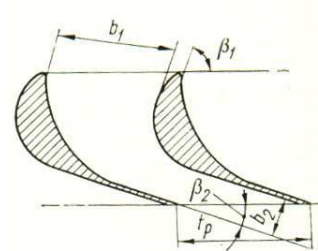


Turbină cu reacțiune. Părți componente.

a) paletetele directoare; b) paletetele rotorului; c) carcasa; d) rotorul în tambur; e) carcasele lagărelor; f) cuplajul; g) labirinții exteriori IP; h) labirinții exteriori JP



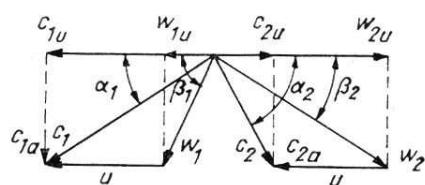
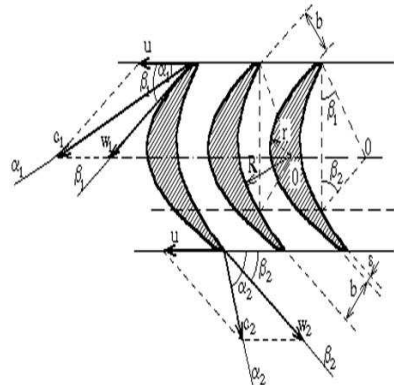
Distribuțiile presiunilor (p) și a vitezelor (c) în treptele unei turbine cu reacțiune



Exemplu de profil de paletete cu reacțiune.

38. Relațiile fundamentale ale turbinelor axiale (triunghiul vitezelor, puterea, lucru mecanic)

R: Fie o treaptă a unei turbine axiale cu abur sau gaze. Desfășurând o secțiune cilindrică concentrică cu axa turbinei, de diametru egală cu diametrul mediu (D) al paletetelor se pot reprezenta vitezele la intrarea în paletete, respectiv la ieșirea din ele sub forma a două triunghiuri, ale căror laturi sunt viteza aburului față de partea statică (viteza absolută, c), viteza aburului față de partea în rotație (viteza relativă, w), respectiv viteza paletetelor (u).



α_1 – unghiul absolut de intrare al aburului în paletete

c_1 – viteza absolută de intrare a aburului în paletete

β_1 – unghiul relativ de intrare al aburului în paletete

w_1 – viteza relativă de intrare a aburului în paletete

α_2 – unghiul absolut de ieșire al aburului din paletete

c_2 – viteza absolută de ieșire a aburului din paletete

β_2 – unghiul relativ de ieșire al aburului din paletete

w_2 – viteza relativă de ieșire a aburului din paletete

c_{1u} , c_{1a} , c_{2u} , c_{2a} , w_{1u} , w_{1a} , w_{2u} , w_{2a} – componente tangențiale și axiale ale vitezelor absolute și relative

Viteza paletetelor este dată de relația:

$$u = \pi D n$$

unde n este turația, în [rot/s].

Pe baza triunghiurilor de viteze se pot scrie relații pentru forța, lucrul mecanic și puterea la palete:

$$F = \dot{m}(c_{1u} - c_{2u}) = \dot{m}(w_{1u} + w_{2u})$$

$$L_u = u(c_{1u} - c_{2u}) = u(w_{1u} + w_{2u})$$

$$P = \dot{m}u(c_{1u} - c_{2u}) = \dot{m}u(w_{1u} + w_{2u})$$

unde \dot{m} este debitul masic de fluid prin treaptă.

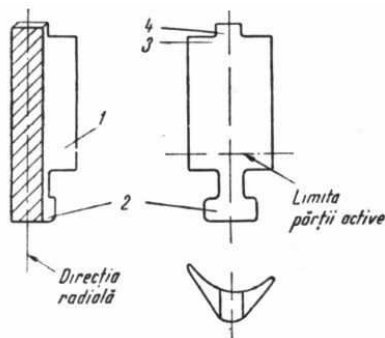
39. Prezentați câteva aspecte legate de construcția paletelor turbinelor. (lamă, picior)!

R: Paletele turbinelor sunt componentele care transformă energia aburului în energie mecanică. În acest scop ele dispun de o zonă de lucru, numită *lama paletei*. Ele trebuie să poată fi fixate de rotor, partea care le fixează fiind numită *piciorul paletei*. Paletele se pot realiza prin diferite metode tehnologice, metode care determină și forma lor.

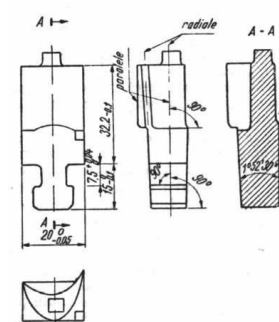
Paletele laminate sunt cele mai simple tehnologic. Lama are profil constant și de obicei sunt prevăzute cu picior T, care este un sistem de fixare simplu, dar nu foarte rezistent. Nu sunt foarte robuste și au nevoie de piese de distanțare între ele.

Paletele frezate au practic orice formă. Se pot realiza cu sau fără piese de distanțare între ele. Cele scurte au profil constant, iar la cele lungi profilul variază de-a lungul lamei conform triunghiurilor de viteze la diametrul respectiv (viteza u este în funcție de diametrul D). Paletele foarte lungi necesită picioare foarte rezistente, cum sunt piciorul în formă de furcă sau cel în formă de brad. Paletele răsucite se obțin de obicei prin copiere. Tehnologia de frezare este relativ scumpă.

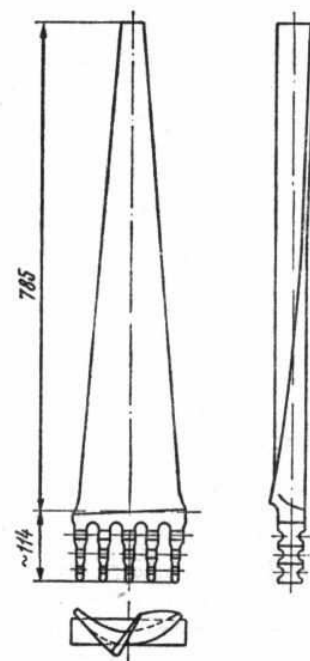
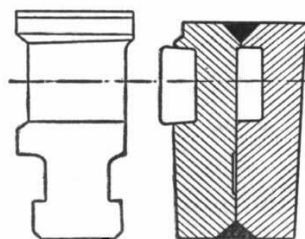
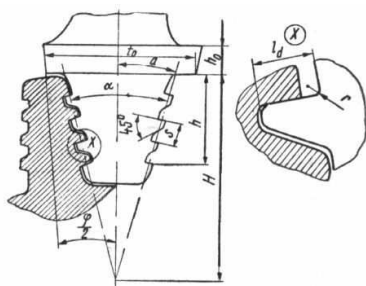
Paletele sudate sunt formate din mai multe bucăți sau chiar palete întregi sudate între ele. Tehnologia permite o bună rigidizare a acestora. Sudarea se poate folosi și la fixarea lor, însă trebuie realizate suduri care nu sunt fragile și care nu introduc tensiuni suplimentare. Un eventual tratament termic de detensionare nu trebuie să deformeze ansamblul.



Paletă laminată cu picior T



Paletă frezată cu picior T



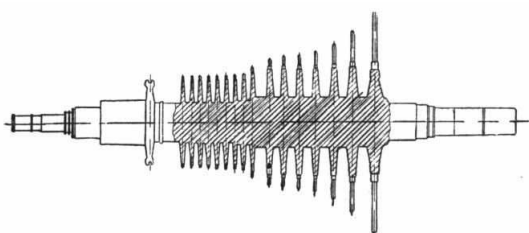
Paletă răsucită cu picior

Picior în formă de brad.

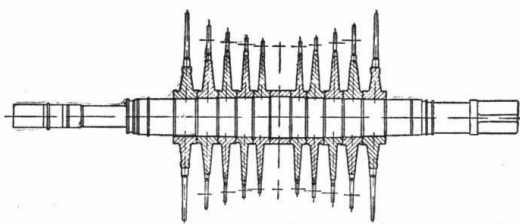
Palete sudate cu picior T furcă

40. Prezentați câteva aspecte legate de construcția rotorului turbinelor. (elemente, la turbine cu acțiune, respectiv reacțiune)!

R: Rotoarele turbinelor cu acțiune se pot realiza în construcții monobloc sau cu discuri fretate. Construcția monobloc este preferată, ca fiind mai ieftină. Dacă nu se poate realiza un semifabricat forjat de dimensiunea necesară se recurge la construcția cu discuri fretate. Discurile fretate se montează prin încălzirea lor până când diametrul găurii lor este mai mare ca diametrul arborelui (încălzirea în apă clocotită este de obicei suficientă). Montarea prin fretare introduce însă solicitări suplimentare, date de strângerea pe arbore. Această strângere, de ordinul a 1‰ trebuie să fie suficientă ca discul să nu se desprindă de arbore la turația nominală, ba chiar la o turație cu 30% mai mare (turația de eliberare).

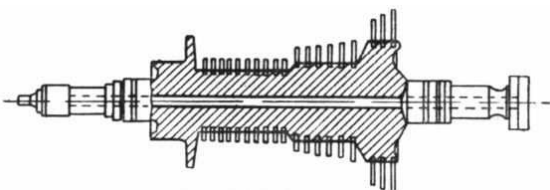


Rotor monobloc pentru o turbină cu acțiune. Se observă discul treptei de reglare, discurile treptelor de IP și JP, zonele pentru labirintii de etanșare de IP și JP, zonele pentru lagărele de IP și JP, zona de montare a dispozitivelor de siguranță și zona de montare a cuplajului.

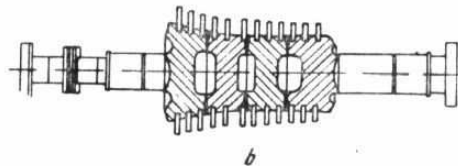
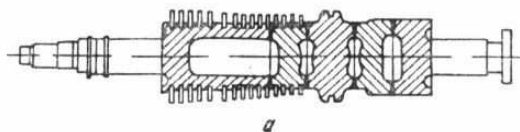


Rotor dublu flux cu discuri fretate pentru o turbină cu acțiune, corpul de JP. Se observă arborele, discurile fretate, inelul de distanțare în zona intrării aburului, zonele pentru labirintii de etanșare lagăre, zona de montare a dispozitivelor de siguranță și zona de montare a cuplajului.

Rotoarele turbinelor cu reacțiune se pot realiza și ele în construcții monobloc sau din bucăți. Construcția monobloc este preferată, ca fiind mai ieftină. Dacă nu se poate realiza un semifabricat forjat de dimensiunea necesară se recurge la construcția din bucăți sudate, ansamblul trebuind, totuși, să fie supus unui tratament termic de detensionare, deci este nevoie de un cuptor adecvat.



Rotor monobloc pentru o turbină cu reacțiune. Se observă discul de echilibrare al presiunilor, zonele de montare a paletelor treptelor de IP, MP și JP, zonele pentru labirintii de etanșare de IP și JP, zonele pentru lagărele de IP și JP, zona de montare a dispozitivelor de siguranță și zona de montare a cuplajului.



Rotoare în construcție sudată pentru o turbină cu reacțiune, părțile de IP (a) și JP (b). Se observă că rotoarele sunt realizate din mai multe bucăți sudate între ele. Se distinge zonele de montare a paletelor,

zonele pentru labirinții de etanșare, zonele pentru lagăre, zona de montare a dispozitivelor de siguranță și zonele de montare ale cuplajelor.

Rotoarele se echilibrează static și dinamic inițial printr-o schemă de distribuire a pachetelor de palete, cântărite în prealabil, iar echilibrarea finală se face înlăturând material prin găurire, de exemplu din găurile de egalizare a presiunilor.

Board SET

22.02.2011