

## Modulul 3 - Utilizarea eficientă a energiei în industrie

### 3.1. Utilizarea eficientă a energiei termice

#### A. Echipamente și instalații termice industriale

#### **SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ**

##### **Clasificarea schimbătoarelor de căldură**

**Schimbătoarele de căldură** sunt aparate în care are loc transferul căldurii de la un fluid cu o temperatură mai ridicată (agentul termic primar), către un fluid cu o temperatură mai coborâtă (agentul termic secundar), în procese de încălzire, răcire, condensare, vaporizare sau procese termice complexe.

Pentru clasificarea schimbătoarelor de căldură se pot avea în vedere mai multe criterii:

##### **a) Clasificarea în funcție de modul de realizare al transferului de căldură**

Din acest punct de vedere schimbătoarele de căldură se împart în două mari grupe: aparate cu contact indirect și aparate cu contact direct.

**Schimbătoarele cu contact indirect (de suprafață)** sunt aparate la care cei doi agenți termici nu vin în contact direct, ei fiind despărțiți de o suprafață de schimb de căldură cu care vin în contact permanent sau periodic.

Dacă cele două fluide vin în contact permanent cu suprafața de schimb de căldură, fluxul termic prin aceasta fiind unidirecțional, schimbătorul de căldură este de tip recuperativ.

Acest tip de aparat este cel mai răspândit el putând fi realizat în numeroase variante constructive. În figura 3.1.1.a. este prezentat schematic cel mai simplu astfel de aparat, schimbătorul țeavă în țeavă, constituit din două țevi concentrice, unul dintre fluide circulând prin interiorul țevii centrale, celălalt prin spațiul dintre cele două țevi.

Dacă agenții termici vin în contact alternativ cu suprafața de transfer de căldură, fluxul termic schimbându-și periodic direcția, schimbătorul de căldură este de tip regenerativ. Aparatele regenerative pot fi realizate cu suprafața fixă (figura 3.1.1.b.) sau rotativă (figura 3.1.1.c.).

Din categoria schimbătoarelor de căldură cu contact indirect face parte și schimbătorul de căldură cu strat fluidizat, la care transferul de căldură are loc între un fluid și un material solid care se deplasează sub forma unui strat fluidizat pe lângă suprafața de schimb de căldură (figura 3.1.1.d.). Fluidizarea se realizează prin insuflarea unui gaz (de obicei aer) peste materialul solid granulat.

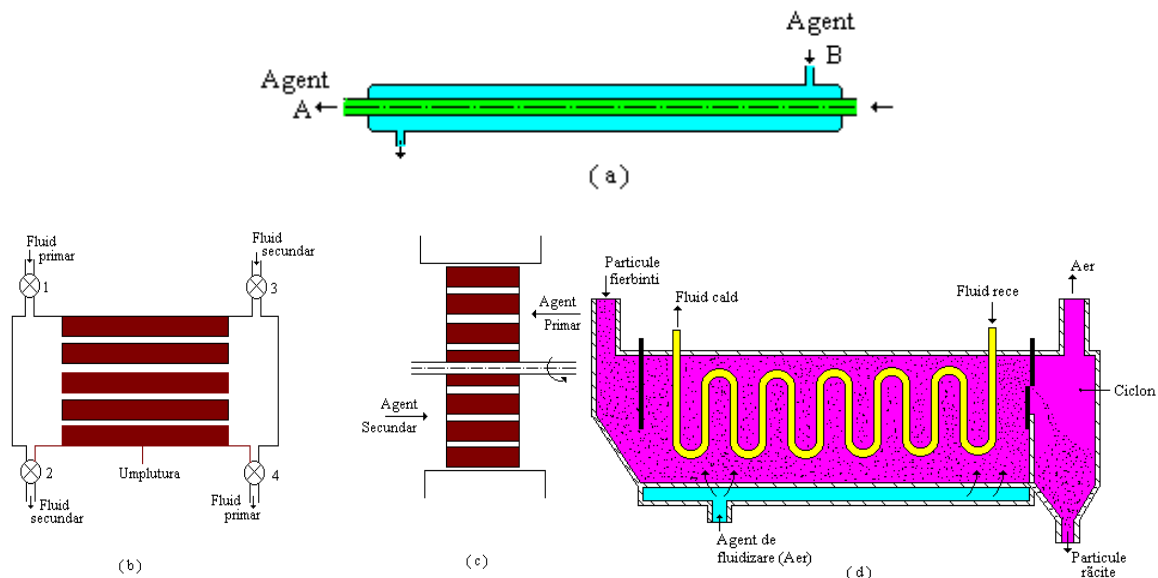


Fig. 3.1.1. Schimbătoare de căldură cu contact indirect

- a) schimbător recuperativ țevă în țevă; b) schimbător regenerativ cu umplutură fixă; c) schimbător regenerativ rotativ; d) schimbător cu strat fluidizat

**Schimbătoarele de căldură cu contact direct** sunt aparate la care agenții termici nu mai sunt separați de o suprafață, ei amestecându-se unul cu celălalt. Ele pot fi aparate fără umplutură la care transferul de căldură se realizează la suprafața fluidului pulverizat în picături fine sau care curge în șuvițe (figura 3.1.2.a.) sau aparate cu umplutură la care transferul termic apare la suprafața unei pelicule formate pe umplutura schimbătorului (figura 3.1.2.b.)

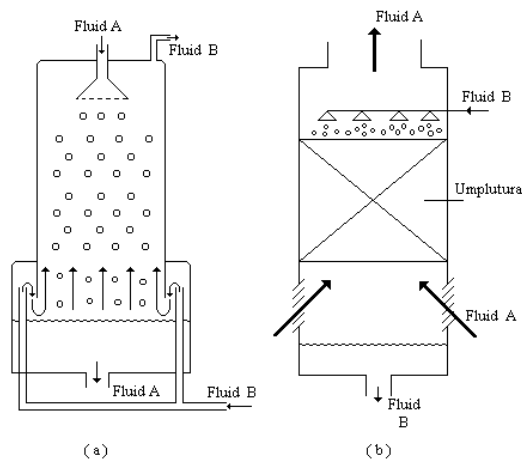


Fig. 3.1.2. Schimbătoare de căldură cu contact direct

- a) fără umplutură; b) cu umplutură

## b) Clasificarea în funcție de tipul constructiv

Clasificarea în funcție de modul constructiv de realizare a suprafeței de schimb de căldură este prezentată în figura 3.1.3.

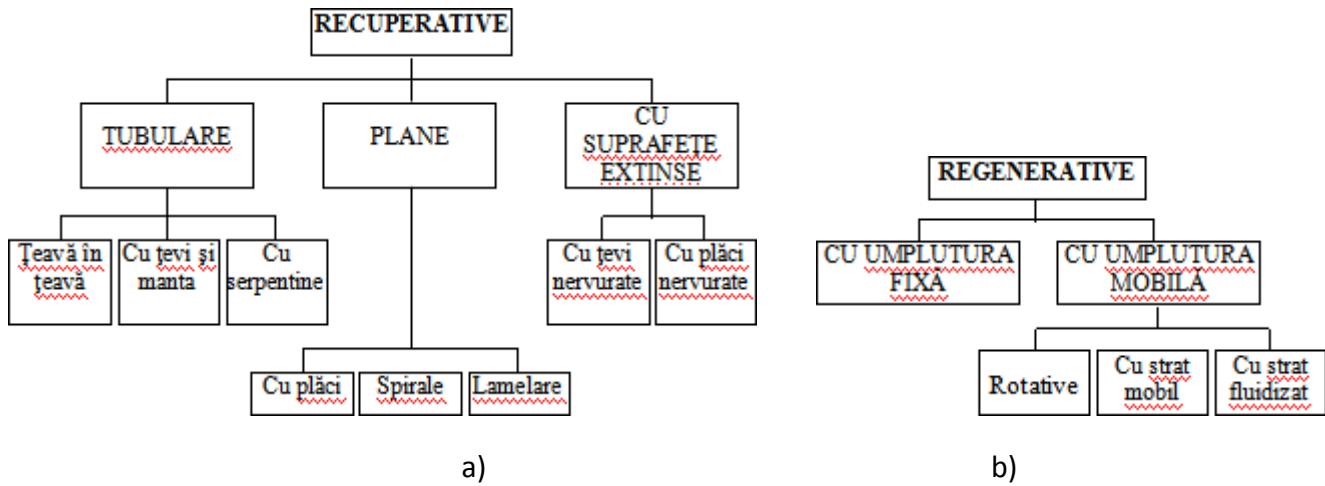


Fig. 3.1.3. Clasificarea schimbătoarelor de căldură din punct de vedere constructiv

### c) Clasificarea în funcție de starea de agregare a agenților termici

Se pot distinge în funcție de acest criteriu:

- aparate fără schimbarea stării de agregare a agenților termici;
- aparate cu schimbarea stării de agregare a unui agent termic;
- aparate cu schimbarea stării de agregare a ambilor agenți termici.

### d) Clasificarea în funcție de compactitatea aparatului

**Compactitatea** unui schimbător de căldură este caracterizată de raportul între suprafața sa de schimb de căldură și volumul său. În funcție de acest criteriu distingem:

- schimbătoare compacte (compactitatea mai mare de  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ );
- schimbătoare necompacte (compactitatea mai mică de  $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ).

### e) Clasificarea în funcție de modul de realizare a curgerii

Curgerea fluidelor în aparatele de schimb de căldură se poate realiza în patru moduri distincte: echicurent, contracurent, curent încrucișat și curent compus.

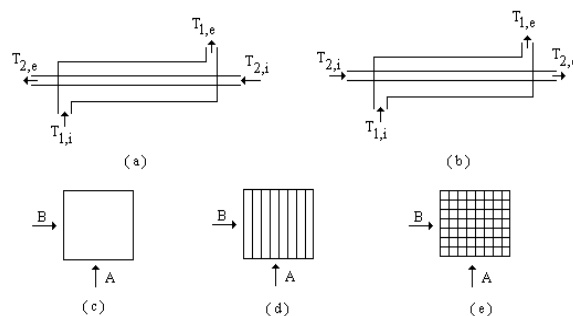


Fig. 3.1.4. Tipuri principale de curgere

- a) contracurent; b) echivalent; c) curent încrucișat ambele fluide amestecate; d) curent încrucișat un fluid amestecat și celălalt neamestecat; e) curent încrucișat ambele fluide neamestecate

Curgerea în contracurent (figura 3.1.4.a.) presupune că cei doi agenți termici circulă pe lângă suprafața de schimb de căldură paralel și în sensuri contrarii. Curgerea în contracurent asigură cea mai mare diferență medie de temperatură între agenții termici, însă temperatura peretelui la intrarea fluidului cald este maximă.

Curgerea în echicurent (figura 3.1.4.b.) apare în cazul circulației agenților termici, paralel și în același sens, pe lângă suprafața de transfer de căldură. Acest tip de curgere realizează cea mai mică diferență medie de temperatură, însă cea mai bună răcire a peretelui în zona de intrare a fluidului primar.

Circulația în curent încrucișat presupune curgerea perpendiculară a celor doi agenți termici. În acest caz se pot distinge trei situații: ambele fluide amestecate (figura 3.1.4.c.) un fluid amestecat și celălalt neamestecat (figura 3.1.4.d.) ambele fluide neamestecate (figura 3.1.4.e.).

Un fluid se numește "amestecat" atunci când în orice plan normal pe direcția sa de curgere are aceeași temperatură, deci temperatura sa variază numai în lungul curgerii. În cazul fluidului "neamestecat" există o diferență de temperatură și în direcția normală la curgere.

Pentru clarificare în figura 3.1.5. se prezintă cazul curgerii în curent încrucișat cu ambele fluide neamestecate și profilul temperaturii unuia dintre fluide după direcția de curgere și perpendicular pe acesta.

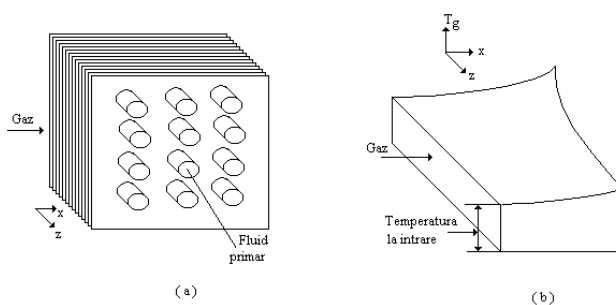


Fig. 3.1.5. Curgerea în curent încrucișat cu ambele fluide neamestecate: a) schema; b) variația temperaturii

În cazul în care agenții termici au mai multe treceri prin țevi sau manta apare cazul curgerii compuse (figura 3.1.6.) care este o combinație a celor trei tipuri anterioare de curgere.

În cazul curgerii în curent încrucișat și curent mixt valoarea diferenței medie de temperatură dintre agenții termici se situează între echicurent și contracurent.

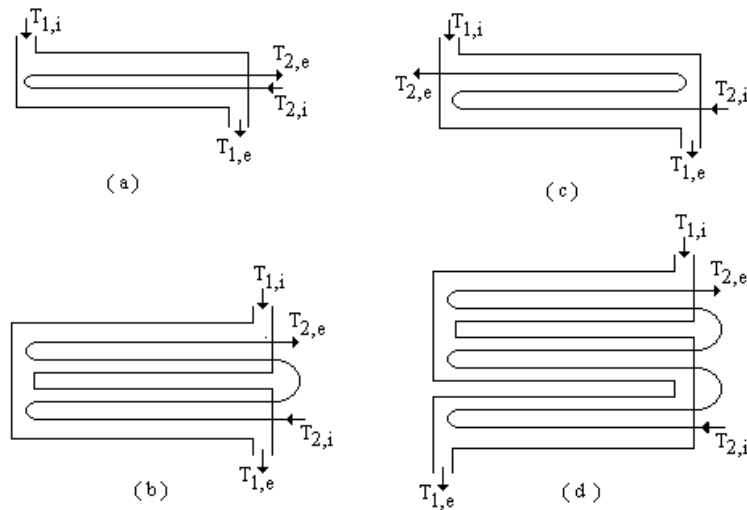


Fig. 3.1.6. Curgerea compusă

- a) o trecere prin manta și două treceri prin țevi; b) două treceri prin manta și patru treceri prin țevi; c) o trecere prin manta și trei treceri prin țevi; d) trei treceri prin manta și șase treceri prin țevi.

#### f) Clasificarea în funcție de destinație

Schimbătoarele de căldură pot realiza multiple scopuri, în funcție de acesta putând întâlni: preîncălzitoare; răcitoare; vaporizatoare; generatoare de vapori; răcitoare frigorifice; condensatoare; boilere etc.

#### g) Clasificarea în funcție de material

Majoritatea schimbătoarelor de căldură sunt metalice, având suprafața de schimb de căldură realizată din fontă, oțel, cupru, alamă, oțel inoxidabil, titan, e.t.c.

Se mai pot întâlni însă și schimbătoare de căldură din materiale nemetalice, cum sunt cele *ceramice*, din *sticlă*, din *grafit* sau din *materiale plastice*.

**Schimbătoarele de căldură cu țevi și manta** reprezintă tipul cel mai răspândit în industrie datorită simplității sale constructive, fiabilității ridicate și costului relativ coborât.

Deși în ultimii ani ritmul de creștere a pieței mondiale de astfel de aparate a scăzut, ea reprezintă încă între 60-80% din piața schimbătoarelor de căldură.

## INSTALAȚII DE VAPORIZARE

### Noțiuni generale

*Vaporizarea* sau *evaporarea* este operația prin care un lichid este transformat în vapori. Vaporizarea se face cu aport de căldură din exterior, prin micșorarea presiunii sau folosind simultan ambele procedee. De

obicei, vaporizarea se face cu aport de căldură din exterior. Când vaporizarea are loc la temperatura de saturație corespunzătoare presiunii sistemului (temperatura de fierbere) operația se numește *fierbere*.

*Soluția* este un amestec omogen cu compoziție variabilă în anumite limite, alcătuit din două sau mai multe substanțe (componentele soluției). *Solventul (dizolvantul)* este componentul predominant cantitativ, când substanțele au aceeași stare de agregare, sau componentul care are aceeași stare de agregare ca și soluția, când substanțele amestecate nu au aceeași stare de agregare. Întrucât în procesele industriale se întâlnesc frecvent soluțiile în apă ale diferitelor substanțe solide, problemele prezentate în acest subcapitol se referă numai la acest tip de soluții. Principiile generale ale procesului de vaporizare sunt aplicabile și în cazul soluțiilor care au ca solvent un alt lichid.

*Vaporizatoarele* sunt echipamente termice în care se realizează vaporizarea solventului unei soluții binare (constituită din două componente) prin fierberea acesteia. În timpul fierberii soluției se degajă vapori de solvent în stare pură, iar substanța dizolvată (*solvitul*) rămâne în aparat, în soluția concentrată. Vaporii de solvent produși se evacuează în atmosferă, se folosesc ca agent de încălzire sau se dirijează într-o instalație de condensare. De obicei, acest tip de instalații este utilizat pentru concentrarea soluțiilor, procesul de vaporizare putând fi continuat până la completa îndepărtare a dizolvantului din soluție și cristalizarea substanței dizolvate. Uneori însă, produsul principal este considerat solventul vaporizat, ca în cazul transformatoarelor de abur utilizate pentru producerea aburului necesar diverselor scopuri tehnologice sau ca în cazul instalațiilor de vaporizare utilizate pentru obținerea apei potabile din apă de mare. În acest subcapitol se vor analiza instalațiile de vaporizare utilizate pentru concentrarea soluțiilor.

Vaporizatoarele, în general, sunt alcătuite dintr-o cameră (spațiu) de încălzire și o cameră (spațiu) de vapori. Camera de încălzire este un schimbător de căldură în care soluția este încălzită până la temperatura de fierbere cu ajutorul unui agent de încălzire (de exemplu, abur). În camera de vapori se face separarea vaporilor de solvent degajați de picăturile de lichid antrenate.

În cazul vaporizatoarelor, *concentrația*,  $x$ , a unei soluții este raportul dintre masa substanței dizolvate,  $m_d$  [kg], și masa totală a soluției,  $m_s$  [kg] alcătuită din masa solvitului și masa dizolvantului.

Concentrația determină cantitativ solubilitatea unei substanțe. Solubilitatea depinde de temperatură și, deseori, crește cu creșterea temperaturii. Există însă și substanțe a căror solubilitate descrește odată cu creșterea temperaturii sau nu este influențată substanțial de temperatură. Soluția care are un conținut maxim de substanță dizolvată se numește *soluție saturată*, iar concentrația acestei soluții *concentrație de saturație*. Deoarece solubilitatea depinde de temperatură, și concentrația de saturație este o funcție de temperatură.

În multe cazuri, formarea soluției este însoțită de degajare sau absorbție de căldură. Căldura degajată/absorbită în procesul dizolvării unui kilogram de substanță solidă se numește *căldură specifică de dizolvare*,  $c_d$  [kJ/kg]. Aceasta depinde de natura substanței dizolvate, natura solventului și de concentrația soluției.

În cazul vaporizatoarelor în care substanța dizolvată cristalizează, în bilanțul termic al aparatului trebuie considerată și căldura de cristalizare. *Căldura specifică de cristalizare*,  $c_{cr}$  [kJ/kg], reprezintă căldura degajată (generată) la cristalizarea din soluție a unui kilogram de substanță solidă.

Variația concentrației soluției în instalația de vaporizare în funcție de cantitatea de apă vaporizată prin concentrarea unui kilogram de soluție inițială (sau debitul de apă vaporizată raportat la debitul soluției inițiale) și de concentrația inițială a soluției este prezentată în fig. 3.1.7. În această figură, concentrațiile soluției sunt exprimate în kilograme de substanță dizolvată per kilograme de soluție.

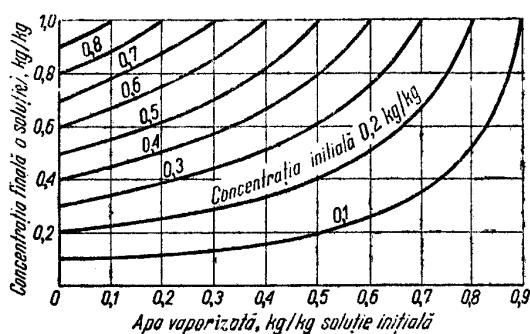


Fig. 3.1.7. Variația concentrației soluției în procesul de vaporizare

Temperatura de fierbere a soluțiilor apoase de substanțe solide este mai ridicată decât temperatura de fierbere a apei (solventul pur), la aceeași presiune. Vaporii care se degajă la fierberea soluției sunt vapori de solvent pur cu temperatura egală cu temperatura de fierbere a soluției, adică cu o temperatură mai mare decât temperatura de saturație corespunzătoare presiunii sistemului respectiv. Deci, vaporii degajați din soluție sunt supraîncălziți; însă, de obicei, gradul lor de supraîncălzire este redus și, ca urmare, în calcul se consideră vapori saturați.

### Tipuri constructive de vaporizatoare

Vaporizatoarele, se folosesc pe scară largă în procesele tehnologice din industria chimică, alimentară, farmaceutică etc., într-o diversitate de tipuri constructive și funcționale. Principalele criterii de clasificare a aparatelor vaporizatoare se referă la principiul de funcționare, aspectele constructive și la agentul de încălzire.

După *modul de funcționare*, se deosebesc *vaporizatoarele cu funcționare continuă* și *vaporizatoarele cu funcționare periodică (intermitentă)*. În cazul vaporizatoarelor cu funcționare continuă, introducerea

soluției diluate, ca și evacuarea soluției concentrate se fac continuu, fără întreruperi, procesul de vaporizare având un caracter staționar. Vaporizatoarele cu funcționare periodică sunt încărcate (umplute) și golite de soluție numai în perioadele de oprire.

După *presiunea din interiorul aparatului*, vaporizatoarele se clasifică în aparate cu *presiune înaltă, atmosferică și redusă*. Presiunea înaltă se folosește, în general, când vaporii produșii pot fi folosiți ca agent de încălzire în alte aparate și procesul tehnologic permite o temperatură de fierbere a soluției ridicată. Presiunea redusă se utilizează în următoarele situații:

- soluția se degradează la temperatură ridicată; de exemplu, soluțiile de lapte și cele de zahăr;
- temperatura de fierbere a soluției la presiunea atmosferică este ridicată; de exemplu, în cazul soluțiilor de azotat de amoniu și de hidroxid de potasiu;
- agentul de încălzire disponibil are temperatură redusă.

Vaporizarea la presiuni reduse implică cheltuieli suplimentare cu instalația de condensare, apa de răcire a condensatorului și energia electrică pentru antrenarea pompei în vid. În alte cazuri decât cele prezentate anterior se folosesc vaporizatoare cu presiune atmosferică.

După *modul de circulație* a soluției în aparat, vaporizatoarele pot fi cu *circulație naturală* sau cu *circulație forțată*, iar după *tipul circulației*, cu *circulație simplă (unică)* sau cu *circulație multiplă*. Circulația forțată se realizează cu ajutorul unei pompe.

După *agentul de încălzire* utilizat, vaporizatoarele pot fi aparate încălzite cu *vapori de apă (abur)*, *lichide*, *gaze de ardere* sau aparate încălzite *electric*. Cel mai frecvent utilizat agent de încălzire este aburul, caracterizat prin coeficienți de transfer termic mari la condensare și depuneri reduse pe suprafața de transfer termic. Ca agenți de încălzire lichizi se pot utiliza uleiuri minerale, săruri topite sau amestecuri de diferiți compuși organici. Încălzirea cu lichide se folosește, de obicei, în aparate cu funcționare periodică, când concentrarea soluției necesită temperaturi ridicate. Pentru concentrarea soluțiilor foarte agresive chimic, se folosesc vaporizatoare cu contact direct, în care gazele de ardere transmit căldura soluției prin barbotare. Încălzirea electrică, cu rezistență sau prin inducție, se folosește numai în vaporizatoare mici de laborator.

Din punct de vedere *constructiv*, vaporizatoarele se pot deosebi după poziția și geometria suprafeței de transfer termic și după amplasarea camerei de încălzire. Cele mai utilizate vaporizatoare au suprafața de transfer termic tubulară (fascicul de țevi), poziționată vertical. Camera de încălzire, în care se amplasează suprafața de transfer termic, poate fi situată în interiorul sau în exteriorul aparatului. Poziționarea exterioară a camerei de încălzire facilitează operațiile de curățire și reparații, însă mărește prețul aparatului și pierderile de căldură în mediul ambiant.



În afara vaporizatoarelor care se pot încadra strict în criteriile de clasificare prezentate anterior, există și alte aparate, cu caracteristici specifice; de exemplu, vaporizatoarele cu film și vaporizatoarele pentru lichide non-newtoniene. În vaporizatoarele cu film procesul de vaporizare se desfășoară în strat subțire. Filmul de soluție de pe suprafața de transfer termic se obține în diferite moduri, de exemplu, prin curgere gravitațională pe suprafață (vaporizatoare cu film descendent) sau prin folosirea forțelor de frecare superficială (vaporizatoare cu film ascendent). Vaporizatoarele pentru lichide non-newtoniene au o construcție specială, datorită proprietăților acestor lichide (concentrație și densitate mari), în care apare un element de transport, cel mai adesea, sub forma unui șurub fără sfârșit.

Vaporizatoarele cu funcționare continuă pot fi conectate între ele, formând astfel o *instalație de vaporizare cu mai multe corpuri* (aparate), în care vaporizarea se face în trepte. Corpurile instalației, de obicei identice, sunt legate între ele, astfel încât vaporii solventului produși în fiecare corp (vaporizator) să ajungă în camera de încălzire a altui vaporizator sau a altor vaporizatoare ale aceleiași instalații, unde sunt folosiți ca agent termic de încălzire. Încălzirea primului corp se face cu abur (furnizat de o CET sau CT), cu presiuni cuprinse de obicei în intervalul 2–8 bar. În aceste instalații temperaturile și presiunile din vaporizatoare sunt diferite; ele descresc de la primul la ultimul corp, vaporii produși în ultimul corp putând avea presiuni sub sau supraatmosferice (0,15–1,8 bar). Când o parte din vaporii obținuți sunt folosiți în alte instalații decât cea de vaporizare, instalația de vaporizare respectivă este cu *prize de vaporii*.

În general, independent de construcția lor, vaporizatoarele trebuie să fie caracterizate prin: transfer termic intens, pierderi minime de căldură, repartizarea uniformă a vaporilor de încălzire în spațiul camerei de încălzire, evacuarea continuă și eficientă a condensatului și a gazelor necondensabile din camera de încălzire, separarea eficientă a picăturilor de lichid antrenate de vaporii produși, compactitatea construcției, simplitatea construcției și facilitate în curățarea suprafeței de încălzire.

În cele ce urmează sunt prezentate câteva tipuri reprezentative de aparate vaporizatoare și caracteristicile lor funcționale. Acestea vor fi grupate după unul sau mai multe dintre criteriile de clasificare prezentate anterior.

### **INSTALAȚII DE USCARE**

Majoritatea materialelor, naturale sau rezultate în urma unui proces de fabricație, conțin apă. Datorită condițiilor impuse materialelor pentru utilizare, prelucrare, transport sau depozitare, este necesară micșorarea umidității acestora.

Îndepărtarea umidității din materiale se poate face prin procedee mecanice, chimice sau prin uscare. Separarea umidității pe cale mecanică se face în prese, centrifuge sau vacuumfiltre. Pentru îndepărtarea chimică a umidității se folosesc substanțe absorbante de umiditate. *Uscarea* reprezintă procedeul de

eliminarea a umidității (apei) prin evaporarea acesteia, ca urmare a încălzirii materialului, și îndepărtarea vaporilor formați, prin preluarea acestora de un agent de uscare.

Uscarea se poate face natural sau artificial. Uscarea naturală a materialelor se face prin depozitarea acestora în spații special amenajate, în care agentul de uscare (aerul) nu este încălzit și circulă natural peste material.

Uscarea artificială se realizează în instalații de uscare, denumite și uscătoare. De obicei, încălzirea materialului în uscătoare, pentru evaporarea umidității acestuia, se face prin: convecție (transfer termic convectiv de la un agent de încălzire), conducție (transfer termic conductiv de la o suprafață încălzită de un agent termic) sau radiație (transfer termic radiativ de la o sursă de radiații infraroșii). În unele instalații, însă, încălzirea materialului se face prin generarea energiei termice în interiorul acestuia.

Agentul de uscare, care este vehiculat prin uscător cu ajutorul ventilatoarelor sau al instalațiilor de tiraj, este, de obicei, aer sau amestec de gaze de ardere cu aer. Dacă încălzirea se face prin convecție, agentul de uscare are rol și de agent de încălzire, aerul fiind încălzit înainte de introducerea lui în camera de lucru a uscătorului.

### **Tipuri constructive de instalații de uscare**

În industrie se utilizează o mare diversitate de tipuri de instalații de uscare. Principalele caracteristici generale ale instalațiilor de uscare sunt: regimul de funcționare, modul de încălzire a materialului, natura agentului de uscare, circulația agentului de uscare, structura materialului și forma constructivă a instalației.

În continuare se prezintă tipuri reprezentative de uscătoare, grupate după modul preponderent de încălzire a materialului. Se menționează că în multe instalații încălzirea materialului se face în mai multe moduri, de exemplu, prin conducție și convecție sau prin radiație și convecție.

#### ***Instalații de uscare cu încălzirea materialului prin convecție (uscătoare convective)***

Uscătoarele convective sunt cele mai răspândite tipuri de instalații de uscare din industrie. După cum s-a menționat anterior, în aceste instalații, materialul primește căldura necesară procesului de uscare de la agentul de uscare (cel mai adesea, aer cald) prin convecție.

##### ***Uscătoare de tip cameră***

Uscătorul de tip cameră (cameră de uscare) este o încăpere paralelipipedică, în interiorul căreia materialul (care rămâne în repaos în timpul uscării) este așezat pe vagonete, rafturi sau alte dispozitive. Agentul de uscare circulă peste material natural sau forțat. Funcționarea instalației este periodică. În fig. 3.1.8. este prezentată o cameră de uscare cu circulație forțată a agentului de uscare (aer).

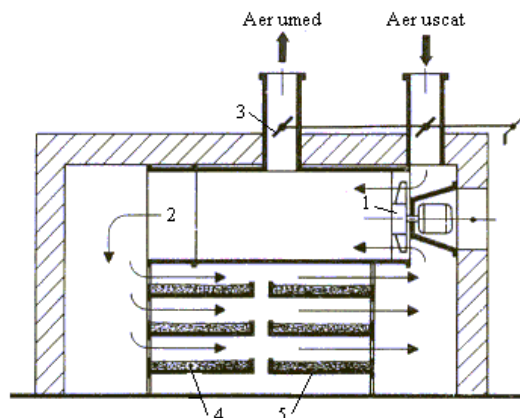


Fig. 3.1.8. Uscător de tip cameră

1 – ventilator; 2 – baterie de încălzire (aerotermă); 3 – clapetă de reglare; 4 – raft; 5 – material.

Pentru realizarea unei uscări uniforme, într-un timp cât mai scurt, așezarea materialului în uscător trebuie să asigure o arie cât mai mare a suprafeței de contact agent de uscare-material. În același scop, în unele instalații se schimbă sensul circulației aerului în cameră de mai multe ori în timpul procesului de uscare.

Fiind instalații cu funcționare periodică, uscătoarele de tip cameră sunt caracterizate prin pierderi suplimentare de căldură în timpul încărcării și descărcării materialului. Utilizarea acestor instalații se recomandă când durata procesului de uscare este mare sau în cazul uscării unor cantități mici de material. Ele se pot folosi pentru uscarea: lemnului, plăcilor izolante, materialelor fibroase etc.

#### *Uscătoare de tip tunel*

Unul dintre cele mai utilizate uscătoare convective cu funcționare continuă este uscătorul de tip tunel, în care materialul se deplasează, așezat în vagonete sau pe un transportor, printr-un canal (cameră) de lungime mare (cca. 30 – 50 m). Agentul de uscare poate fi recirculat parțial pentru mărirea vitezei de uscare. De obicei, viteza agentului de uscare este de 2 – 3 m/s, iar viteza materialului de 3 – 50 mm/s. În fig. 3.1.9. sunt prezentate schematic două uscătoare de tip tunel cu recircularea parțială a aerului.

#### *Uscătoare cu benzi transportoare*

În uscătoarele cu benzi, materialul este purtat continuu, în strat subțire, de una sau mai multe benzi transportoare. Agentul de uscare circulă peste material sau prin material (străbate banda transportoare și stratul de material), atunci când structura materialului și construcția benzii permite acest tip de circulație. Față de uscarea la circulația agentului de uscare peste material, uscarea la circulația agentului de uscare prin material este mai intensă, având o durată mai mică, deoarece aria suprafeței de contact material-agent de uscare, în acest caz, este mai mare.

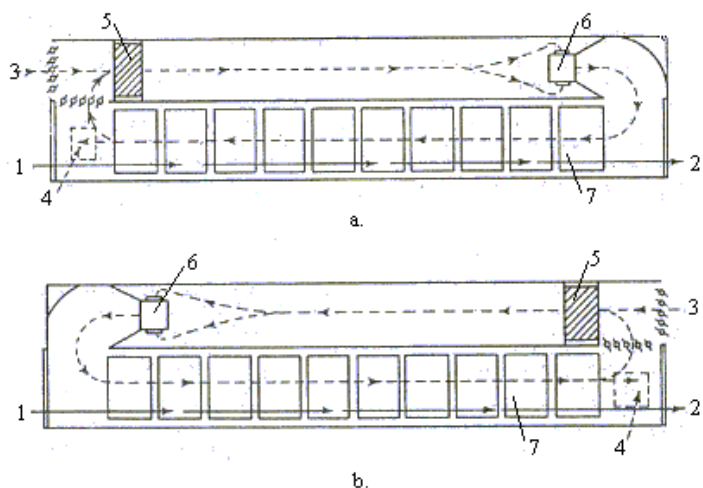


Fig. 3.1.9. Uscător de tip tunel cu recirculare parțială: a. materialul și agentul de uscare (aer) circulă în contracurent; b. materialul și agentul de uscare (aer) circulă în echicurent.

1 – intrarea materialului; 2 – ieșirea materialului; 3 – intrarea aerului proaspăt; 4 – ieșirea aerului; 5 – aparat de încălzire; 6 – suflantă; 7 – vagonete cu material.

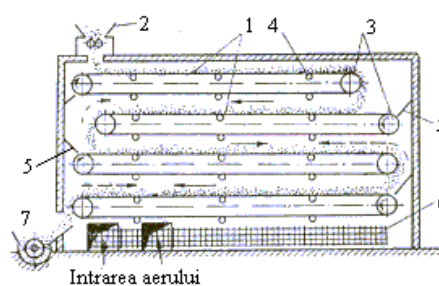


Fig. 3.1.10. Uscător cu benzi

1–benzi transportoare; 2–pâlnie de alimentare cu dozator; 3–tamburi pentru antrenarea benzilor; 4–role pentru susținerea benzilor; 5–șicane pentru dirijarea circulației aerului; 6–baterie de încălzire; 7–transportor pentru materialul uscat.

Uscătoarele cu benzi se folosesc pentru uscarea mai multor tipuri de materiale sau produse ca, de exemplu, materiale granulare, legume, fructe, lână, bumbac, celuloză etc. Agentul de uscare folosit este aer cu temperaturi cuprinse în intervalul 60 – 170°C sau, uneori, un amestec de aer și gaze de ardere.

Figura 3.10. ilustrează un uscător cu patru benzi transportoare. Materialul circulă în contracurent cu aerul încălzit. Viteza benzilor este de 0,3 – 0,5 m/min, iar viteza aerului de 2 – 3 m/s.

Alte tipuri de uscătoare convective utilizate în industrie :

- Uscătoare de tip turn
- Uscătoare cu strat fluidizat
- Uscătoare pneumatice
- Uscătoare cu pulverizare

### **Instalații de uscare cu încălzirea materialului prin conducție (uscătoare conductive)**

În cazul uscării conductive (prin contact), căldura necesară procesului de uscare este transmisă materialului prin conducție, de la o suprafață caldă cu care materialul este în contact. Vaporii formați sunt preluați de agentul de uscare și evacuați din instalație.

Uscătoarele conductive pot fi cu funcționare continuă sau periodică, la presiune atmosferică sau sub vid. Suprafața care transmite căldură materialului poate fi încălzită cu abur, apă fierbinte, gaze de ardere sau cu ulei. Din categoria uscătoarelor conductive, cele mai importante sunt: uscătoarele cu valțuri, uscătoarele cu cilindri și uscătoarele rotative tubulare.

În continuare se va prezenta modul de funcționare a uscătoarelor cu valțuri :

Uscătoarele cu valțuri se folosesc pentru uscarea soluțiilor, suspensiilor și pastelor, în industria chimică, alimentară, farmaceutică etc. De obicei, în aceste instalații se usucă materiale care rezistă (fără degradare) la temperaturi ridicate o perioadă de timp relativ scurtă.

Uscătoarele cu valțuri sunt alcătuite din unul sau două valțuri (tuburi cilindrice). Valțul este încălzit la interior, de obicei, cu abur și se rotește continuu în jurul axei sale. Materialul este preluat de suprafața valțului sub forma unei pelicule subțiri, care se usucă după aproximativ 3/4 dintr-o rotație a valțului. Substanța uscată se desprinde de pe valț cu dispozitive speciale de răzuire.

Figura 3.1.11. prezintă un uscător cu un valț în care alimentarea valțului cu material se face prin intermediul a doi cilindri neîncălziți, cu diametrul mult mai mic decât diametrul valțului uscător. Acest mod de alimentare asigură o concentrație constantă a lichidului din cuvă; se utilizează la uscarea lichidelor omogene.

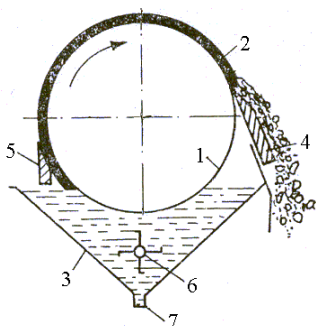


Fig. 3.1.11. Uscător cu un valț pentru lichide omogene

1 – valț; 2 – cilindri de alimentare; 3 – cuvă; 4 – alimentarea cu material; 5 – agitator; 6 – dispozitiv de răzuire; 7 – transportor cu șnec; 8 – evacuarea aerului.

În cazul uscătoarelor cu două valțuri, de obicei, materialul este introdus pe la partea superioară. Grosimea stratului de material de pe valț poate fi stabilită prin reglarea distanței dintre valțuri sau cu ajutorul limitatoarelor de strat.

### **Instalații de uscare cu încălzirea materialului prin radiație (uscătoare prin radiație)**

Instalațiile de uscare prin radiație sunt uscătoarele în care încălzirea materialului (umed) se face prin absorbția radiațiilor infraroșii cu lungimi de undă cuprinse în intervalul 0,4 – 10  $\mu$  m, produse de o sursă.

Ca surse de radiații infraroșii (radianți), se folosesc radianți încălziți electric și radianți încălziți prin arderea unui gaz combustibil.

Instalațiile de uscare prin radiație sunt de tip cameră sau de tip tunel, în care materialul este transportat cu dispozitive speciale (benzi, transportoare). Figura 3.1.12. prezintă un uscător cu lămpi pentru piese lăcuite.

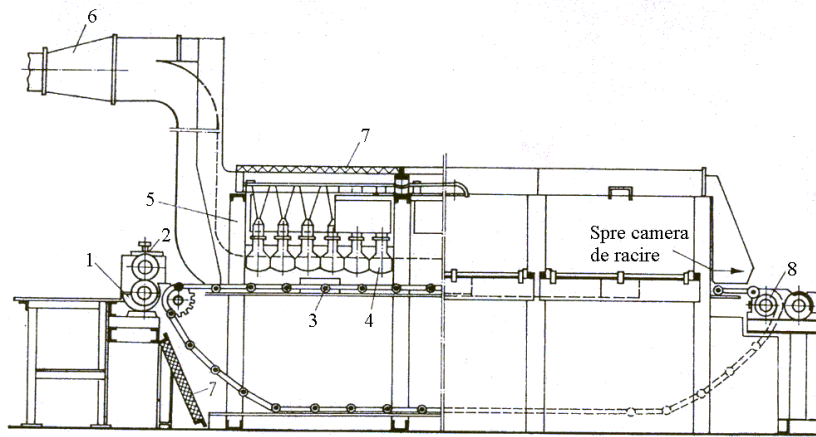


Fig. 3.1.12. Uscător cu lămpi pentru piese lăcuite.

1 – baie de lăcuire; 2 – cilindru de lăcuire; 3 – transportor; 4 – lămpi de uscare; 5 – carcasa uscătorului; 6 – conductă de aspirație a aerului; 7 – izolație; 8 – roată de acționare.

Avantajele principale ale uscării cu radiații infraroșii sunt: intensificarea procesului de vaporizare a umidității prin transmiterea unor fluxuri termice unitare (raportate la unitatea ariei suprafeței materialului) mari și construcția simplă a instalației. Uscătoarele cu radiații se folosesc pentru uscarea suprafețelor vopsite sau lăcuite, hârtiei, materialelor textile, produselor alimentare etc.

### **Instalații de uscare cu încălzirea materialului prin generarea internă a energiei**

Generarea energiei necesare uscării în interiorul materialului este rezultatul frecării interne a moleculelor materialului datorată agitației acestora, agitație care poate fi provocată mecanic (uscarea prin măcinarea materialului în instalații cu ciocane sau discuri) sau cu ajutorul unei surse de înaltă frecvență (uscarea dielectrică sau uscarea cu microunde). Avantajul principal al instalațiilor de uscare cu generarea internă a energiei este încălzirea rapidă și uniformă a materialului atât în interior, cât și la suprafață. Aceasta favorizează migrarea umidității din interiorul materialului spre suprafața acestuia, prin creșterea presiunii vaporilor conținuți în capilarele materialului, mărind astfel viteza procesului de uscare.

Instalațiile de uscare bazate pe uscarea dielectrică sunt denumite *uscătoare cu curenți de înaltă frecvență*. În aceste uscătoare materialul umed constituie dielectricul unui condensator, ale cărui armături sunt alimentate în curent alternativ de tensiune și frecvență înaltă. Uscarea dielectrică se utilizează în cazul materialelor care se usucă greu prin alte procedee de uscare ca, de exemplu, grinzi din lemn de esențe tari, piese ceramice cu grosimi mari, miezuri de turnătorie etc.

Un uscător cu curenți de înaltă frecvență este alcătuit din generatorul de curent de înaltă frecvență și camera de uscare în care sunt amplasați electrozii condensatorului. Puterea generatorului, frecvența curentului și forma camerei de uscare depind de tipul materialului uscat.

Dezavantajul principal al uscătoarelor cu curenți de înaltă frecvență este costul ridicat al uscării, datorat consumului mare de energie electrică. Pentru micșorarea consumului de energie electrică, uscarea dielectrică se combină cu uscarea convectivă sau prin radiație. În fig. 3.1.13. este prezentată o instalație de uscare în care uscarea dielectrică (cu curenți de înaltă frecvență) este combinată cu uscarea convectivă cu aer cald.

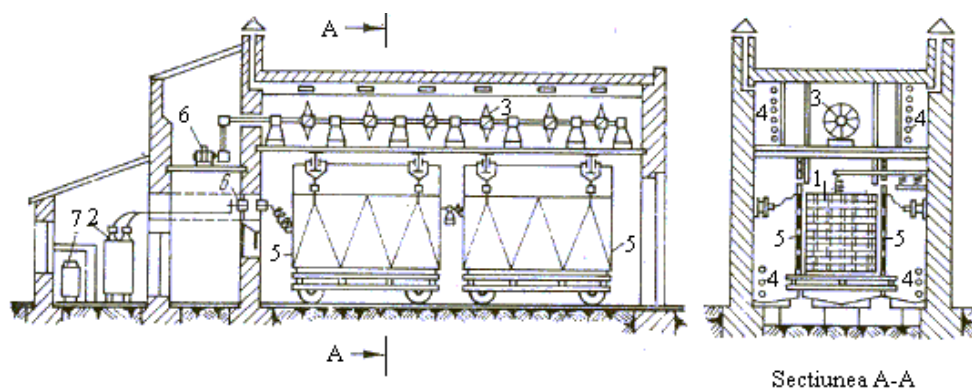


Fig. 3.1.13. Instalație de uscare cu curenți de înaltă frecvență și prin convecție

1 – vagonet cu material; 2 – generator de înaltă frecvență; 3 – ventilator; 4 – baterii de încălzire; 5 – electrozi; 6 – motor; 7 – transformator.

## **INSTALATII CU CICLU INVERS**

### **Instalatii frigorifice**

Conform celui de-al doilea principiu al termodinamicii orice corp se poate răci pe cale naturală până la temperatura mediului ce îl înconjoară. Răcirea lui în continuare se poate realiza numai pe cale artificială.

Instalațiile frigorifice se utilizează pentru scăderea și menținerea temperaturii unui corp sau sistem de corpuri sub temperatura mediului înconjurător. În procesul de răcire participă cel puțin două corpuri: corpul răcit și corpul care realizează răcirea, numit *agent frigorific*.

Un agent (fluid) frigorific este o substanță care evoluează în circuitul unei instalații frigorifice și care, datorită unui proces endoterm, constând în schimbarea de fază a substanței din starea lichidă în cea de vapori, într-un vaporizator, permite producerea frigului prin absorbția de căldură. Aceasta căldură este evacuată în exteriorul instalației printr-un proces exoterm, constând în schimbarea de fază inversă, din vapori în lichid, într-un condensator.

Agenții frigorifice sunt substanțe omogene sau amestecuri de substanțe care preiau, în cursul ciclului frigorific, căldura de la mediul ce trebuie răcit și o cedează la o temperatură mai ridicată unui altui mediu (în general mediul ambiant). Aceștia trebuie să îndeplinească o serie de cerințe termodinamice, fizico-chimice, fiziologice, economice și de protecția mediului. Proprietățile termodinamice trebuie să corespundă cerințelor impuse de schema și tipul instalației frigorifice, precum și de nivelul de temperatură al celor două surse de căldură, în special de cel al frigului produs.

Clasificarea instalațiilor de producere a frigului artificial se face în general după următoarele criterii:

- principiul de funcționare;
- tipul ciclului frigorific;
- periodicitate.

După principiul de funcționare instalațiile frigorifice utilizate în industrie, comerț sau aplicații casnice pot fi cu compresie mecanică de vapori, cu compresie de gaze, cu absorbție (compresie termochimică), cu eiecție sau termoelectrice. Mai există și alte procedee de producere a frigului artificial (magnetocaloric, prin efect Ettinghaus, ș.a.), care nu și-au găsit încă o aplicație industrială.

*Instalațiile frigorifice cu compresie mecanică* utilizează proprietățile elastice ale gazelor și vaporilor ce se manifestă prin creșterea temperaturii lor în timpul comprimării și scăderea temperaturii în procesul de destindere.

*Instalațiile cu absorbție sau compresie termochimică* au principiul de lucru bazat pe realizarea succesivă a reacțiilor termochimice de absorbție a agentului de lucru de către un absorbant, după care urmează desorbția agentului din absorbant. Procesele de absorbție și desorbție joacă în acest caz rolul proceselor de aspirație (destindere) și refulare (comprimare) executate de compresorul mecanic. Compresia termochimică se realizează prin utilizarea unui amestec binar, consumându-se energie termică.

*Instalațiile cu eiecție* utilizează energia cinetică a unui jet de vapori sau gaz. În funcție de construcția ajutorului și de modul de desfășurare a procesului, aceste instalații pot fi cu ejector sau turbionare.

*Instalațiile termoelectrice*, care au la bază efectul Peltiér, permit obținerea frigului artificial prin utilizarea directă a energiei electrice. Este cunoscut faptul că la trecerea curentului electric printr-un ansamblu format din două materiale diferite, se constată apariția unei diferențe de temperatură la cele două lipituri ale sistemului. Aplicarea pe scară largă a acestui efect a devenit posibilă odată cu dezvoltarea tehnicii semiconductoarelor.

După tipul ciclului frigorific instalațiile frigorifice pot funcționa în baza unui proces închis sau deschis.



În cazul primului proces agentul de lucru parcurge diferitele elemente componente într-un contur închis, temperatura sa variind între limitele impuse de cele două surse de căldură. În această categorie se încadrează instalațiile frigorifice cu compresie mecanică de vapori, cu absorbție, cu ejector, precum și unele instalații cu compresie mecanică de gaze.

Instalațiile care funcționează pe baza unui proces deschis sunt caracterizate prin aceea că în timpul funcționării agentul de lucru este total sau parțial extras din instalație. În locul agentului evacuat este introdusă o nouă cantitate de agent proaspăt.

După periodicitate instalațiile frigorifice pot fi cu funcționare continuă, în regim staționar sau cu funcționare discontinuă, în regim nestaționar.

### **Instalații frigorifice cu compresie mecanică de vapori**

Instalațiile frigorifice cu compresie mecanică de vapori se folosesc pentru obținerea unor temperaturi, în general în intervalul  $-20 \dots -90^\circ\text{C}$ . Acestea pot fi:

- cu compresie într-o singură treaptă;
- cu compresie în mai multe trepte;
- în cascadă.

#### *Instalațiile frigorifice cu compresie într-o singură treaptă*

Schema de principiu și ciclul real al instalațiilor frigorifice cu compresie mecanică de vapori într-o singură treaptă sunt prezentate în fig. 3.1.14.

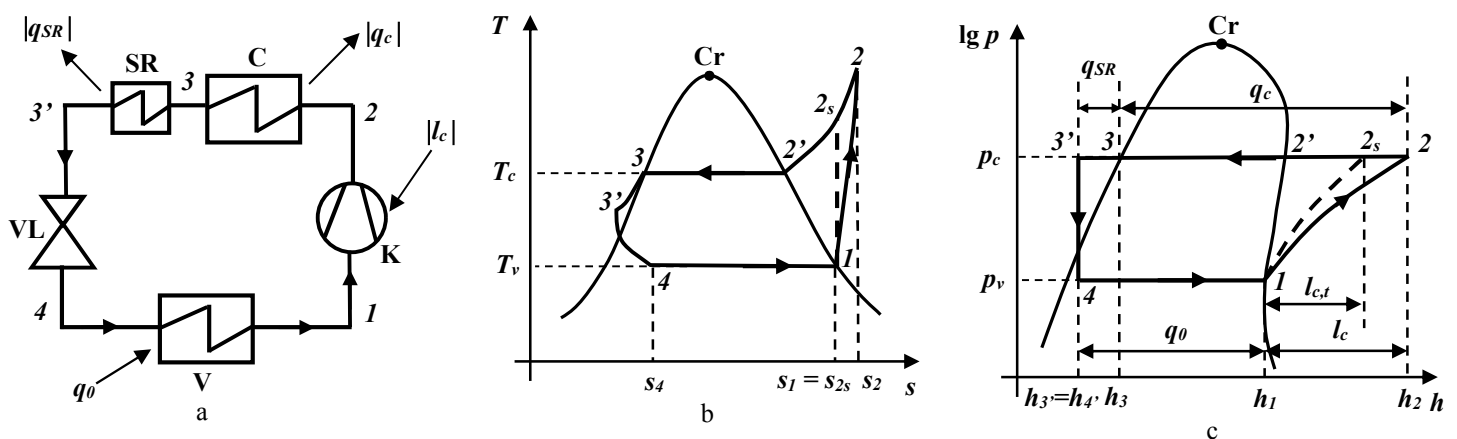


Fig. 3.1.14. Schema (a) și ciclurile instalațiilor frigorifice cu compresie mecanică de vapori în diag.  $T-s$  (b) și  $\lg p-h$  (c):

K – compresor, C – condensator, SR – subrăcitor; VL – ventil de laminare; V – vaporizator.

Pentru a compensa micșorarea producției frigorifice specifice cauzată de înlocuirea destinderii (în cazul procesului ideal) cu o laminare, după condensarea vaporilor se practică o subrăcire (procesul 3-3'). În acest

fel se diminuează influența negativă a ireversibilității procesului de laminare asupra eficienței frigorifice. De asemenea, este cunoscut faptul că volumul specific al vaporilor este mult mai mare ca cel al lichidului, ceea ce înseamnă că, secțiunea ventilului de laminare (respectiv dimensiunea sa) este mult mai mică în cazul laminării unui lichid față de cazul laminării aceluiași debit de vapori. Subrăcirea se poate realiza chiar în interiorul condensatorului, prin prevederea unei suprafețe de schimb de căldură suplimentare sau într-un schimbător de căldură special, utilizându-se un agent de răcire sau vaporii de agent frigorific produși în vaporizator, înainte de a fi aspirați în compresor (subrăcire regenerativă).

În condiții reale de funcționare, pentru a fi siguri că procesul de vaporizare este complet încheiat, pentru a avea o reglare eficientă a instalației și pentru îmbunătățirea umplerii cilindrului compresorului, se poate recurge la supraîncălzirea vaporilor înainte de aspirație. Această supraîncălzire poate avea loc chiar în vaporizator, dar nu este recomandată datorită coeficienților de transfer de căldură mici, în cazul vaporilor, ceea ce ar conduce la suprafețe de schimb de căldură importante. Supraîncălzirea se poate realiza și natural prin contactul direct dintre suprafața conductei de aspirație în compresor și mediul ambiant.

Supraîncălzirea se poate realiza și prin subrăcirea regenerativă, prin utilizarea unui schimbător de căldură ce realizează supraîncălzirea vaporilor de agent frigorific ieșiți din vaporizator prin subrăcirea lichidului frigorific de la ieșirea din condensator .

Procese care compun ciclul real sunt următoarele:

- *comprimarea* adiabată ireversibilă (1-2) în compresorul K, care determină creșterea parametrilor presiune și temperatură de la  $p_v, T_v$  la  $p_c, T_c$ ;
- *condensarea* izobar-izotermă (2-3) în condensatorul C și *subrăcirea* izobară în subrăcitorul SR (3-3'); procesul de evacuare a căldurii către mediul ambiant se compune deci din: desupraîncălzirea izobară 2-2', condensarea izobar-izotermă 2'-3 și subrăcirea izobară 3-3'; temperatura de condensare  $T_c$  este superioară temperaturii apei (aerului) de răcire  $T_a$  la ieșirea din aparat cu diferența  $\Delta T_c$  necesară efectuării transferului de căldură;
- *destinderea* (laminarea) adiabată ireversibilă și izentalpică (3'-4) în ventilul de laminare VL, care determină scăderea parametrilor presiune și temperatură de la  $p_c, T_c$  la  $p_v, T_v$ ;
- *vaporizarea* izobar-izotermă (4-1) în vaporizatorul V se desfășoară la o temperatură  $T_v$  ( $T_0$ ) inferioară temperaturii agentului purtător de frig  $T_f$  la ieșirea din aparat cu diferența  $\Delta T_v$  necesară desfășurării transferului de căldură;

Pentru caracterizarea perfecțiunii acestui ciclu, se utilizează *eficiența frigorifică*, care se definește prin raportul dintre producția (sarcina) frigorifică specifică  $q_0$  a instalației și lucrul mecanic de compresie consumat în ciclul frigorific  $l_c$ , rezultând în acest caz eficiența frigorifică a ciclului:

$$\varepsilon_f = \frac{q_0}{|l_c|}.$$

Instalațiile frigorifice într-o singură treaptă sunt utilizate pentru obținerea unor temperaturi  $-20\dots-30^\circ\text{C}$ , cu tendința de a ajunge până la  $-60^\circ\text{C}$  prin perfecționarea ciclului (subrăcire avansată înainte de laminare, supraîncălzirea vaporilor aspirați de compresor, folosirea unor agenți frigorifici cu caracteristici superioare).

Realizarea unor nivele de frig tot mai coborâte în vaporizatorul instalației frigorifice cu compresie mecanică de vapori, în condițiile în care temperatura de condensare rămâne constantă, implică mărirea continuă a raportului de compresie. Această mărire are efecte negative asupra funcționării instalației, datorită micșorării factorului de debit și a randamentului indicat al compresorului și măririi excesive a temperaturii vaporilor la ieșirea din compresor, ceea ce înrăutățește condițiile de ungere ale acestuia. Această temperatură nu trebuie să depășească valorile admisibile de circa  $145^\circ\text{C}$ , corespunzătoare temperaturii de cocsificare a uleiurilor de ungere. Din aceste cauze, pentru rapoarte de compresie mai mari ca  $8\dots9$ , este necesar să se utilizeze comprimarea în două sau trei trepte, între care vaporii între treptele de comprimare sunt răciți cu apă sau agent frigorific lichid.

Schemele instalațiilor frigorifice cu compresie în două sau trei trepte sunt diverse, în funcție în general de tipul agentului frigorific, temperatura agentului de răcire și scopul urmărit. Funcție de tipul schemei, debitul de agent frigorific poate varia în circuitele apărute funcție de numărul treptelor de compresie.

Instalațiile frigorifice cu două și trei trepte de compresie se utilizează în general în domeniul  $-30\dots-60^\circ$ , folosindu-se un singur agent de lucru.

Instalațiile frigorifice în cascadă (două sau trei) sunt utilizate pentru obținerea unor nivele de frig de  $-70\dots-90^\circ\text{C}$ , cascadele fiind parcurse de agenți frigorifici diferiți.

Avantajul instalațiilor frigorifice cu compresie constă în aceea că, la schimbarea stării de agregare prin vaporizare și condensare, coeficienții de transfer de căldură au valori ridicate, astfel că schimbătoarele de căldură din circuitul frigorific pot fi dimensionate în condiții economice. În plus, aceste două procese sunt izoterme în cazul fluidelor pure, ceea ce face posibilă reducerea pierderilor datorită ireversibilității transferului de căldură între agentul frigorific utilizat și cele două surse de căldură, prin menținerea diferențelor minime de temperatură în limite acceptabile. În cazul utilizării unor amestecuri de fluide, în special a amestecurilor zeotrope, procesele de vaporizare și condensare nu mai au loc la temperatură și

presiune constantă, dar și în acest caz profilul de variație a temperaturilor în aparatele de schimb de căldură conduce la reducerea diferențelor minime de temperatură dintre fluidele de lucru.

### **Instalații frigorifice cu ABSORBȚIE**

Funcționarea instalației frigorifice cu absorbție se bazează tot pe ciclul Carnot inversat, compresia agentului frigorific realizându-se pe cale termochimică, prin utilizarea unui amestec binar, consumându-se energie termică.

Amestecurile binare, utilizate ca agent de lucru în instalațiile frigorifice cu absorbție, sunt constituite din două componente: agentul frigorific și absorbantul. Absorbantul trebuie să dizolve puternic agentul frigorific fără să intre cu el în reacție și să aibă temperatura de vaporizare, la presiune constantă, mult mai mare ca a acestuia. Procesul de absorbție este însoțit, de obicei, de o degajare de căldură, care trebuie îndepărtată din aparat pentru a nu frâna procesul, absorbția fiind mai intensă la temperatură coborâtă.

În instalațiile frigorifice cu absorbție, cea mai mare răspândire o are amestecul apă-amoniac, apa fiind un puternic absorbant pentru amoniac (într-un volum de apă, la 0°C, se poate dizolva 1148 volume amoniac). Cantitatea de căldură degajată la absorbție este de 800 kJ/kg amoniac lichid și de 1260 kJ/kg vapori amoniac. În tehnica condiționării se mai utilizează și amestecul apă-bromură de litiu, apa jucând de această dată rolul agentului frigorific iar bromura de litiu fiind solventul (absorbantul).

Instalațiile frigorifice cu absorbție pot fi cu funcționare continuă și cu funcționare periodică

Schema de principiu a unei **instalații frigorifice cu absorbție cu funcționare continuă** este prezentată în figura 3.1.15.

În vaporizatorul V agentul frigorific cu debitul  $\dot{m}$  vaporizează la presiunea  $p_v$ , absorbind căldura  $Q_0$ , la nivel termic coborât, din incinta răcită sau de la agentul intermediar (purtător de frig). Vaporii de amoniac formați pătrund în absorbitorul A, unde la presiunea  $p_v$  se dizolvă în soluția săracă de amoniac în apă. cantitatea de căldură  $Q_a$  degajată în absorbitor este evacuată de apa de răcire. Soluția concentrată formată este preluată de pompa P și trimisă la presiunea  $p_c$  în generatorul de vapori G. Aici, pe baza căldurii  $Q_g$  primite din afară (abur de joasă presiune) are loc încălzirea și fierberea soluției bogate (cu debitul masic  $\dot{m}_b$  și concentrația  $\xi_b$ ), realizându-se desorbția agentului frigorific sub formă de vapori și diluarea soluției. În urma procesului din generator rezultă  $\dot{m}$  kg/s vapori de concentrație ridicată (teoretic  $\xi''=1$ ) și  $\dot{m}_b - \dot{m}$  kg/s de soluție săracă cu concentrația  $\xi_s$ . Vaporii formați se condensează în continuare în condensatorul C, unde cedează căldura  $Q_c$ . Condensatul format, după laminare, este reintrodus în vaporizatorul instalației. Soluția diluată se reîntoarce din generator în absorbitor prin ventilul de laminare VL 1, în care presiunea sa este

redușă de la  $p_c$  la  $p_v$ . În felul acesta, în instalația frigorifică cu absorbție, pe lângă circulația agentului frigorific, are loc și o circulație a soluției binare între absorbtor și generator.

Pentru mărirea economicității și siguranței în funcționare, în schema de principiu a instalației frigorifice cu absorbție prezentată în fig. 3.1.15, se mai intercalează un schimbător de căldură (economizor), un rectificator și un deflegmator.

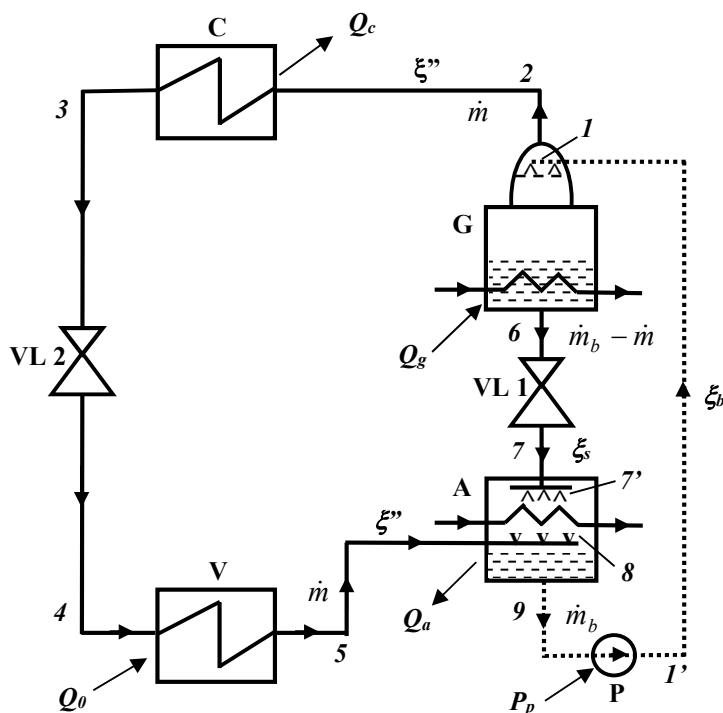


Fig. 3.1.15. Schema de principiu a unei instalații frigorifice cu absorbție cu funcționare continuă:

C – condensator; G – generator de vapori; VL – ventil de laminare; A – absorbtor; P – pompă; V – vaporizator.

Schimbătorul de căldură (economizorul) se amplasează între absorbtor și generator, realizând reîncălzirea soluției concentrate care intră în generator cu soluție diluată trimisă de la absorbtor. În felul acesta, se micșorează consumul de căldură în generator și debitul de apă de răcire necesar absorbtorului.

Rectificatorul de instalează după generator pentru separarea vaporilor de absorbant de vapori de agent frigorific, în scopul evitării pătrunderii vaporilor de apă în condensator și apoi prin ventilul de laminare VL 2 în vaporizator, unde aceștia s-ar solidifica. În coloană, rectificarea se face prin contactul vaporilor formați în generator cu soluția concentrată care pătrunde în acesta. De cele mai multe ori, aceasta este înglobată în generator.

În deflegmator, prin răcirea cu apă din returul absorbtorului sau cu soluție bogată rece, se realizează condensarea vaporilor de apă din vaporii de amoniac, astfel încât, după rectificator și deflegmator, se poate practic considera că există numai vapori de amoniac ( $\xi \cong 1$ ).

## ***Pompe de căldură***

Pompa de căldură (PC) reprezintă o instalație termodinamică a cărei funcționare de principiu urmărește ridicarea nivelului energetic al unei surse de potențial coborât prin consumarea unei cantități de energie suplimentară din exterior.

Ca principiu de funcționare de bază, este ciclul Carnot inversat, același aplicat și instalațiilor frigorifice (IF). În practică însă, s-a dezvoltat o varietate de tipuri de pompe de căldură clasificate după principiul de funcționare :

- cu compresie mecanică de vapori sau gaze: Carnot inversat, Joule, Brayton, Stirling, etc.;
- cu compresie termochimică, de tipul celor cu fluide binare, cu absorbție;
- cu compresie prin eiecție;
- cu separatoare termice de tipul tubului lui Ranque;
- bazate pe efectul Peltier, etc.

Cele mai dese utilizări ale pompei de căldură sunt cele pentru climatizare, preparare apă caldă de consum sau industrială, încălzirea spațiilor de locuit, sau diferite aplicații industriale ca: uscarea materialelor poroase, vaporizarea produselor volatile, sterilizarea, concentrarea soluțiilor, etc.

Se constată deci, că nivelul termic la utilizator nu are valori foarte ridicate ca și cele impuse de ciclurile producătoare de lucru mecanic, ele situându-se în jurul valorilor de 50°C...90°C sau maxim 120°C...130°C pentru ciclurile pompelor de căldură de înaltă temperatură. De asemenea, ca surse de căldură de potențial coborât se pot valorifica imensele cantități de căldură ce pot fi preluate din mediul ambiant (energia termică a apelor de suprafață, de adâncime, geotermală, solară sau a solului) precum și cele deșeu rezultate din diferitele procese industriale sau domestice (ape de răcire, flote calde uzate, condensat impurificat, apele menajere după tratarea lor în instalațiile de epurare, etc.).

În fig. 3.1.16 se prezintă sintetic încadrarea pompelor de căldură în domeniul temperaturilor uzuale în comparație cu celelalte instalații termodinamice: cicluri directe (motoare), instalațiile frigorifice sau cele combinate, instalații frigorifice – pompe de căldură.

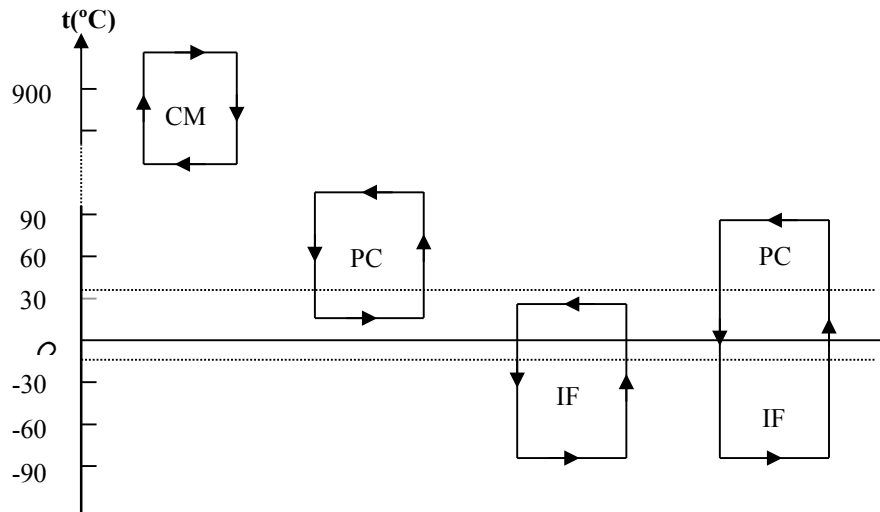


Fig. 3.1.16. Încadrarea pompei de căldură în raport cu mediul ambiant.

Dintre pompele de căldură enumerate mai sus s-au dezvoltat în mod special cele cu absorbție și cele cu compresie mecanică de vapori.

Pompa de căldură cu compresie mecanică utilizând un fluid activ real (de tipul celor frigorifice) are aceeași schemă de principiu ca ce a instalației frigorifice cu compresie mecanică de vapori prezentată în figura 1-a, cu ciclul Carnot inversat aferent, din diagramele 1-b și 1-c.

În cazul pompelor de căldură efectul util este la sursa caldă (condensator), iar în acest caz se definește eficiența sau coeficientul de performanță (*COP*) al ciclului raportul dintre căldura cedată la condensator ( $q_c$ ) și lucrul mecanic de compresie consumat în cursul ciclului ( $l_c$ ):

$$COP = \frac{|q_c|}{|l_c|}.$$

### COMPRESOARE, POMPE, VENTILATOARE

**Compresoarele** cresc energia fluidelor gazoase, deci a fluidelor compresibile și relativ ușoare;

După principiul de funcționare compresoarele se clasifică în:

- *compresoare volumetrice* sunt cele care asigură comprimarea prin scăderea volumului de gaz, respectiv prin creșterea presiunii statice. Acest tip de compresoare realizează presiuni foarte ridicate, de până la 1000 bari, dar cu debite volumice sub 450 m<sup>3</sup>/min.
- *compresoare rotative*, funcționează pe principiul turbomașinilor, comprimarea realizându-se prin mărirea energiei cinetice a curentului de gaz sub acțiunea mecanică a unui rotor și transformarea acesteia în energie potențială. În aceste instalații procesul de comprimare este însoțit de curgerea continuă a gazului. Din această grupă fac parte turbocompresoarele, suflantele și ventilatoarele.

Aceste mașini pot comprima debite mari de gaz la presiuni relativ ridicate dar, mult mai reduse decât compresoarele volumetrice:

- 20....25 bar, compresoarele centrifuge și debite de până la 2500 m<sup>3</sup>/min;
- 3...6 bar, compresoarele axiale la debite ce depășesc 10000 m<sup>3</sup>/min.

Denumirea de **pompă** este utilizată pentru generatoarele hidraulice care vehiculează lichidele. (măresc energia fluidelor practic incompresibile și relativ grele);

După principiul de funcționare, pompele pot fi grupate în:

- a) **turbopompe** (pompe cu rotor paletat) și care pot fi la rândul lor: *centrifuge* (radiale și radial axiale), și *axiale* cu canal lateral (periferial); Acestea modifică momentul cantității de mișcare al lichidului prin intermediul unui paletaj rotor, realizând astfel transferul de energie de la sistemul de antrenare;
- b) **pompe volumetrice**, care sunt: cu mișcare alternativă a organului de lucru (cu piston sau cu membrană) sau cu mișcare de rotație (cu angrenaje, rotor excentric). Aceste pompe realizează tranzvazarea unor volume de lichid din spațiul de aspirație în cel de refulare realizând comprimarea între organele de lucru și celelate părți statorice;
- c) **pompe cu jet**, (cu fluid motor) care sunt antrenate cu ajutorul energiei hidraulice sau pneumatice ale unui fluid cu presiune mai ridicată (ejectoare, pompe cu amestec de gaz, cu condensare de abur, etc.);
- d) **pompe electromagnetice**, care pot antrena numai lichidele conductoare sau magnetice și care utilizează energia electromagnetică;
- e) **elevatoare hidraulice**, care sunt instalații gravimetrice, ce utilizează roți cu cupe, șnec (șurub) hidraulic, pistoane pe lanț, etc. și care sunt capabile să ridice lichidul la o diferență geodezică constantă.

**Ventilatoarele** sunt instalații pentru vehicularea și transportul gazelor care realizează rapoarte relativ mici de comprimare ( $\beta < 1.1$ ).

## **INSTALAȚII DE CUPTOARE**

### **Definiții. Utilizări**

Cuptorul industrial este o instalație energo-tehnologică în care prin acțiunea căldurii se atribuie unui produs sau unui material anumite însușiri fizice sau chimice necesare pentru prelucrarea ulterioară sau pentru elaborarea lui ca produs finit.



Utilizarea cuptoarelor în industriile metalurgică, siderurgică și constructoare de mașini este deosebit de răspândită.

Astfel, în cuptoarele Siemens-Martin are loc elaborarea oțelului pornind de la fier brut, deșeuri de fier și oțel, minereu, cu adaos de calcar.

În cuptoarele de încălzire, lingourile sau semifabricatele de metal își măresc plasticitatea pentru a fi mai ușor prelucrate ulterior.

În cubilourile de turnătorie fonta este topită pentru a fi turnată. Concomitent se poate modifica și compoziția chimică a acestuia, în raport cu condițiile cerute la turnare (fontă cenușie, fontă rezistentă la temperaturi înalte, etc.).

În unele cuptoare de tratament termic piesele de oțel se încălzesc, iar apoi se răcesc după un regim bine stabilit, realizându-se astfel modificări ale structurii interne a metalului, fără o modificare a compoziției lui chimice (călire, recoacere, normalizare, revenire).

În metalurgia metalelor feroase și neferoase cuptoarele sunt agregate tehnologice principale. Astfel, în întreprinderile metalurgice pentru metale feroase se utilizează cuptoare înalte (furnale) pentru obținerea fontei, cuptoare Martin și electrice pentru elaborarea oțelurilor, cuptoare pentru încălzirea lingourilor înainte de laminare etc.

La fel de mare este importanța cuptoarelor în industria sticlei, a porțelanului, a faianței, a cărămizilor refractare, a cimentului etc.

Executând anumite funcții tehnologice cuptoarele sunt agregate energetice complexe, care consumă cantități mari de combustibil de calitate superioară.

Consumul de combustibil al cuptoarelor industriale ocupă unul din primele locuri în bilanțul general de combustibil al unei țări, utilizarea judicioasă a acestuia fiind o problemă de actualitate, cu atât mai mult cu cât prețul combustibilului la scară mondială crește.

### ***Părțile principale ale unei instalații de cuptor***

O instalație de cuptor este un agregat complex, adică cuprinde, în afară de cuptorul propriu-zis, o serie de alte instalații și mecanisme anexe, necesare pentru funcționarea cuptorului.

Figura 3.1.17 prezintă, în mod schematic o instalație de cuptor compusă din următoarele părți principale:

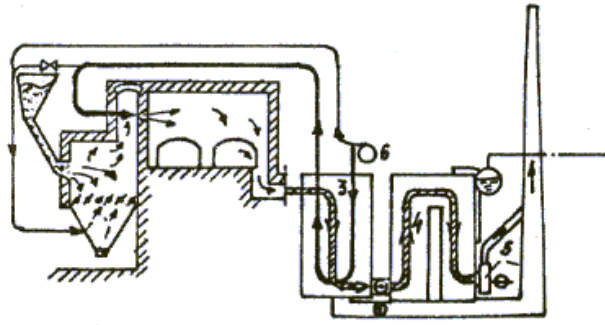


Fig. 3.1.17. Schema generală a unui cuptor

1- focar; 2- camera cuptorului; 3- instalație regenerativă; 4-cazan recuperator; 5-instalație de tiraj; 6-ventilator

1 - **Focarul** (1) - este adaptat combustibilului utilizat, deci construcția lui depinde de felul combustibilului. Pentru combustibili solizi se utilizează focare cu grătar, pentru cei lichizi injectoare, iar pentru cei gazași arzătoare. Mărimea focarului, arzătoarelor și injectoarelor depinde, în afară de felul combustibilului și de debitul de combustibil folosit. Focarul se găsește sau în imediata apropiere a cuptorului propriu-zis (spațiului de lucru) sau face parte chiar din acesta. În acest caz, arzătoarele sau injectoarele sunt fixate direct pe pereții cuptorului și trimit flăcări în spațiul de lucru.

2 - **Cuptorul propriu-zis** (2) este format din spațiul de lucru în care are loc transmisia căldurii de la gazele produse prin ardere la materialul supus prelucrării.

Spațiul de lucru este limitat lateral de pereții cuptorului, jos de vatră și sus de boltă, care trebuie să suporte temperaturile de regim și în același timp să evite evacuarea căldurii spre exterior în atmosferă.

Pentru a îndeplini aceste condiții, ele se execută în general din două feluri de materiale:

a) **spre interior**, din material ceramic refractar; acesta trebuie să suporte atât temperatura ridicată a gazelor, cât și atacul chimic al gazelor, prafului și zgurilor produse în spațiul de lucru;

b) **spre exterior**, pereții laterali, bolta și vatra au un strat de material izolator și de protecție. Acestea evită pierderile de căldură din spațiul de lucru și protejează pereții contra degradării mecanice.

Toată zidăria cuptorului este înconjurată de un schelet metalic numit armătura cuptorului.

Dimensiunile spațiului de lucru depind de capacitatea cuptorului și de regimul lui termic. Cuptoarele pentru încălzit, de exemplu, pot avea o suprafață a camerei de lucru între 0,25 și 60 m<sup>2</sup>, iar cuptoarele pentru ciment o lungime a tamburului de până la 150 m.

3 - **Instalația regenerativă** (3) permite reducerea temperaturii gazelor de ardere prin preîncălzirea aerului sau a combustibilului gazos înainte de a se introduce în focar.

Prin preîncălzirea aerului și a combustibilului temperatura de ardere a acestuia se mărește, ridicând astfel și temperatura în camera de lucru a cuptorului. În felul acesta se realizează o mărire a economicității instalației, micșorându-se consumul specific de combustibil și mărindu-se randamentul cuptorului.

4 - **Cazan recuperator** (4). În multe cazuri gazele de ardere, la ieșirea din camera de lucru, conțin mai multă căldură decât cea necesară pentru preîncălzirea aerului și a combustibilului gazos. În aceste cazuri este indicată instalarea unor cazane recuperatoare pentru producerea aburului sau apei calde (fierbinți) necesare în scopuri tehnologice. În felul acesta randamentul cuptorului industrial se mărește semnificativ. Uneori recuperatorul este așezat imediat după camera cuptorului, preîncălzitoarele de aer și combustibil fiind amplasate după el.

5 - **Instalația de tiraj** (5) are rolul de a evacua în atmosferă gazele de ardere, precum și produsele gazoase degajate în urma prelucrării materialului în cuptor.

În majoritatea cazurilor, în camera de lucru a cuptorului, gazele de ardere se află sub o ușoară suprapresiune și deplasarea lor nu este asigurată de instalația de tiraj, ca în cazul generatoarelor de abur. Instalația de tiraj asigură de obicei mișcarea gazelor după ce acestea au părăsit camera cuptorului. Tirajul poate fi natural sau asigurat forțat de către un ventilator. Cuptoarele sunt înzestrate și cu utilaje mecanice care servesc la încărcare, descărcare, transport de materiale în interiorul cuptorului (vagoane, benzi de transport etc.). De asemenea, cuptoarele pot fi înzestrate cu aparate pentru reglajul arderii sau pentru reglarea automată a cuptorului în întregime.

Schema prezentată în figura 3.17 este generală, nu însă și unică. În unele cazuri căldura care părăsește cuptorul se folosește pentru preîncălzirea materialului înainte de introducerea lui în camera de lucru. Alteori nu este necesară preîncălzirea aerului și a combustibilului în regeneratoare, aceasta asigurându-se în interiorul cuptorului, utilizându-se căldura materialului care se răcește etc.

### ***Variantele utilizării combustibilului în cuptoarele industriale***

Modul de utilizare a combustibilului în focarul cuptoarelor industriale este divers, depinzând atât de tipul combustibilului, cât și de construcția și scopul cuptorului.

Cuptoarele industriale pot funcționa cu combustibili solizi, lichizi sau gazoși.

Dintre combustibilii solizi, lemnul și cărbunile de lemn sunt rar luați în considerație la încălzirea cuptoarelor industriale, din cauza costului lor ridicat, afară de cazul când sunt disponibile deșeurile de lemn ieftin. Dacă sunt necesare un reglaj bun de temperatură și o automatizare a dozării aportului de combustibil, nici ceilalți combustibili solizi nu pot fi utilizați, afară de cazul când se utilizează instalația de ardere cu semigaz. O excepție importantă o alcătuiesc cuptoarele în vrac, la care combustibilul și materialul

sunt dispuse în straturi alternative, iar aerul este insuflat sub presiune (furnale, cubilouri, cuptoare de var). De asemenea, o reglare bună a temperaturii și o automatizare a aportului de combustibil se pot obține cu praf de cărbune (de exemplu, la cuptoarele de ciment rotative).

Combustibilii gazoși și lichizi prezintă mari avantaje la exploatarea cuptoarelor și anume:

- transport comod, pe conducte, sub presiune;
- permit o ardere cu exces scăzut de aer deoarece se pot amesteca cu aerul mult mai bine;
- posibilitatea repartizării degajării de căldură pe mai multe arzătoare;
- există posibilitatea de potrivire a formei flăcării după geometria interioară a cuptorului respectiv;
- o reglare comodă a procesului de ardere și a aportului de combustibil;
- lipsa totală de cenușă în cazul combustibililor gazoși și aproape totală, la combustibilii lichizi.

Principiile generale de utilizare a combustibililor solizi în cuptoare sunt prezentate în figura 3.18.

**După prima schemă,** combustibilul solid natural se utilizează direct în cuptor prin **ardere pe grătare**. Înainte de ardere se efectuează, în oarecare măsură, o prelucrare mecanică a combustibilului, în scopul măririi gradului de utilizare a acestuia în cuptor: uscare, sortare etc.

**După schema a doua,** combustibilul solid, după o sortare și uscare prealabilă este măcinat în mori speciale, iar praful este ars în cuptor sub formă de combustibil pulverizat.

**După schema a treia,** combustibilul solid este gazeificat în instalații speciale. Gazul de generator obținut, după o prealabilă prelucrare (curățire) și o ușoară comprimare este ars în cuptor folosindu-se arzătoare de combustibil gazos.

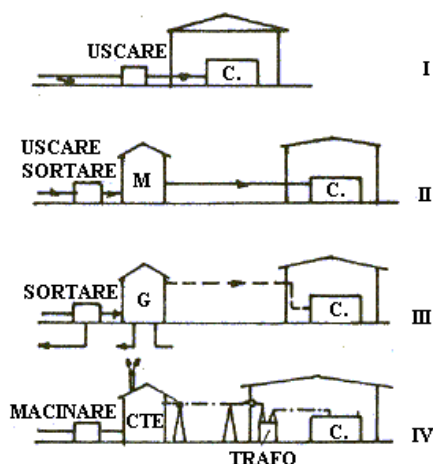


Fig. 3.1.18 Variantele utilizării combustibililor solizi în cuptoare

**În schema a patra** se prevede o ardere a combustibilului în generatoarele unei centrale electrice, energia electrică obținută după o transformare prealabilă, utilizându-se pentru încălzirea electrică a cuptorului.

Cea mai simplă schemă de utilizare este prima, ea necesitând și cele mai mici investiții. Complexitatea schemelor de utilizare a combustibilului solid în cuptoare crește de la prima la a patra. Alegerea schemei optime se face numai printr-un calcul tehnico-economic care să determine cea mai avantajoasă schemă de utilizare a combustibilului.

Cărbunii folosiți în cuptoarele industriale pot fi: lignit, ulei sau antracit.

**Lignitul** se poate prelucra pentru a se transforma în combustibil lichid sau în subproduse chimice. Prin gazeificare cu oxigen se poate obține **gaz de cocserie**.

**Din ulei**, prin încălzire cu îndepărtarea aerului se obține combustibilul artificial solid, denumit cocs.

**Cocul și antracitul** fiind combustibili bogați în carbon, pot fi transformați fie în gaz de generator, prin gazeificare cu aer, fie în gaz de apă prin gazeificare cu abur. Arderea cocsului (sau antracitului) în cuptoarele industriale nu are loc direct, în majoritatea cazurilor, ci se produce, mai întâi gaz în generatoare sau se folosesc focare cu semigaz (gaz relativ bogat în CO).

În cuptoarele încălzite cu combustibili, energia chimică, după ce a fost transformată în căldură și transferată gazelor de ardere, trebuie să fie transmisă, prin intermediul acestor gaze fie direct, fie indirect, produsului sub formă de căldură utilă. Acest lucru se realizează însă, numai parțial întrucât, chiar în cele mai bune cuptoare, există căi pe care o parte din căldură se scurge în afară în mod inutil.

Totodată, în spațiul cuptorului, la punctul unde gazele părăsesc cuptorul ele nu se pot răci sub temperatura produsului. De aceea ele vor părăsi cuptorul la o temperatură care se află peste cea a spațiului înconjurător. Ele posedă încă în acel moment un conținut de căldură important, care pentru procesul din cuptor este pierdut.

### ***Clasificarea cuptoarelor industriale***

În industrie există o mare varietate de cuptoare industriale, cu diferite destinații.

Datorită acestei mari diversități, o clasificare a cuptoarelor este dificilă și de aceea, în momentul de față, nu există o clasificare unanim acceptată a acestora.

Există totuși anumite caracteristici generale care pot sta la baza unei clasificări.

1) **După destinația tehnologică** se deosebesc:

- cuptoare metalurgice (furnale pentru producerea fontei din minereu, cuptoare pentru producerea oțelului, cuptoare pentru laminare);

- cuptoare pentru industria constructoare de mașini (pentru tratamente termice, pentru forje etc.);
- cuptoare pentru obținerea cimentului;
- cuptoare pentru arderea materialelor ceramice etc.

## 2) Funcție de procesele care au loc în cuptoare, se deosebesc:

- cuptoare de topire și de ardere, în care încărcătura care se prelucrează se încălzește până la topire (furnale, cuptoare electrice, cuptoare cu creuzete, de topit sticla etc.);
- cuptoare de încălzire, la care materialul supus prelucrării se încălzește sub temperatura de topire (recoacere, călire etc.);
- cuptoare de uscare (uscătoare).

Datorită specificului lor, cuptoarele de uscare constituie o grupă specială denumită uscătoare.

## 3) După regimul termic, se deosebesc următoarele tipuri de cuptoare:

- cu regim de temperatură și cu regim termic constante în timp (cupatoare cu bazin pentru topirea sticlei, cuptoare tunel cu funcționare continuă);
- cu regim de temperatură constant și cu regim termic variabil (cupatoare cu funcționare continuă și încărcare intermitentă);
- cu regim de temperatură variabil și cu regim termic constant (cupatoare circulare de tip Hoffman);
- cu regim de temperatură și cu regim termic variabile în timp (cupatoare cu funcționare intermitentă).

## 4) După sursa de căldură se deosebesc cuptoare:

- cu combustibil solid (în strat sau pulverizat);
- cu combustibil lichid;
- cu combustibil gazos;
- cu mai mulți combustibili (lichid și gazos sau solid și gazos);
- la care combustibilul face parte din încărcătură (de exemplu convertizoare, cuptoare pentru ars minereuri cu conținut de sulf etc.);
- electrice.

## 5) După modul de transmisie a căldurii:

- cuptoare în care căldura se transmite materialului supus prelucrării datorită arderii combustibilului solid care se amestecă cu materialul. Căldura se transmite materialului de la combustibilul

incandescent (prin radiație și conducție termică) și de la gazele de ardere (prin radiație și convecție). Din această categorie fac parte majoritatea cuptoarelor verticale (furnale, cubilouri, cuptoare de ars var etc.);

- cuptoare în care căldura se transmite materialului supus prelucrării de la gazele de ardere. Acestea se mai numesc cuptoare cu flacără. Transmisia căldurii la material se face în principal prin radiație de la flacără, de la pereții și bolta cuptorului și prin convecție de la gazele de ardere. Din această grupă fac parte majoritatea cuptoarelor ca de exemplu: cuptoarele Martin, cuptoarele de forjă, cuptoarele pentru tratamente termice, cuptoarele tunel și circulare etc.;
- cuptoare în care căldura se transmite materialului prin pereții camerelor sau ai vasului în care se află materialul. Transmisia căldurii către material se face mai ales prin radiație de la pereții camerelor sau vaselor, prin conducție, dacă materialul vine în contact cu pereții vasului și prin convecție de la gazele aflate în cameră. Din această categorie fac parte cuptoarele cu muflă și cele cu retortă);
- cuptoare în care căldura se degajează în materialul supus prelucrării datorită reacțiilor exoterme. În aceste cuptoare, particulele de material care intră în reacție (a căror temperatură crește), transmit căldura particulelor alăturate, prin radiație și conducție. În cazul existenței gazelor de ardere, căldura se transmite prin radiație și convecție de la gaze la material. În cazul în care căldura degajată nu este suficientă, se introduce o cantitate suplimentară de căldură produsă prin arderea combustibilului. Din această categorie fac parte cuptoarele pentru arderea minereurilor care conțin sulfuri.
- cuptoare electrice, în care căldura se transmite materialului prin radiație de la un arc electric sau de la o rezistență, prin conducție de la rezistență, prin convecție și radiație de la gazele încălzite de rezistență, prin radiație și conducție de la pereții încălziți de o rezistență și prin trecerea curentului electric direct prin material. Din această categorie fac parte cuptoarele cu arc electric pentru elaborarea oțelului, cu rezistență electrică pentru tratamente termice, de inducție pentru călire și cu încălzire mixtă pentru obținerea carburii de calciu (carbid).

**6) După forma camerei de lucru.** Spațiul de lucru este locul în care se așează materialul care trebuie tratat termic împreună cu adaosurile necesare (de exemplu fondanți). După forma spațiului de lucru se deosebesc:

- cuptoare verticale, la care spațiul de lucru este un puț cu înălțimea de cel puțin o dată și jumătate mai mare decât diametrul (furnale, cuptoare de var, cubilouri);

- cuptoare cu camere. Spațiul de lucru este o cameră cu pereți permanenți sau temporari. Materialul se așează în cameră în strat înalt sub formă de rânduri.
- cuptoare cu vatră, la care spațiul de lucru este prevăzut cu una sau mai multe vetre, pe care materialul se așează într-un strat subțire (cuptoare de încălzire pentru forjă, cuptoare de tratament termic);
- cuptoare cilindrice rotative, la care spațiul de lucru al cuptorului este format dintr-un tambur orizontal sau înclinat cu 5...10°;
- cuptoare tunel, la care spațiul de lucru este format dintr-un canal orizontal de lungime mare, în care materialul este transportat în vagonete sau transportoare (cuptoare de încălzire pentru forjă);
- cuptoare cu creuzete, la care spațiul de lucru este format dintr-o cameră în care se așează creuzetele. În general materialul se obține în creuzete în stare topită (cuptoare pentru topirea metalelor neferoase).
- cuptoare cu bazin, la care spațiul de lucru este format dintr-o cameră, prevăzută la partea inferioară cu un bazin în care produsul se obține în stare topită.

### *B. Soluții de creștere a eficienței energetice*

#### **CLĂDIRI**

**Economia de energie a constituit și continuă să constituie unul din factorii determinanți ce stau la baza conceperii clădirilor noi, dar și la reabilitarea celor existente.**

Având în vedere destinația, consumurile de căldură **pentru încălzire, ventilare, climatizare și prepararea apei calde**, se pot încadra în categoria consumuri energetice aferente clădirilor. Eforturile de reducere ale oricărui tip de consum de energie trebuie să se bazeze pe cunoașterea factorilor săi de influență.

Obiectivele acțiunilor de ameliorare a eficienței energetice a clădirilor sunt, în ordine:

- realizarea și menținerea condițiilor de confort;
- eliminarea pierderilor energetice;
- monitorizarea corespunzătoare a consumurilor energetice.

Măsurile adoptate sunt în general orientate în următoarele direcții principale:

- **instalarea unor sisteme pentru măsurarea și controlul (reglajul) consumurilor energetice;**
- **intervenții în structura clădirilor, pentru reducerea pierderilor de energie termică a acestora;**



- **îmbunătățirea caracteristicilor tehnico-funcționale ale instalațiilor și echipamentelor consumatoare;**
- **adoptarea unor soluții de recuperare avansată a resurselor energetice secundare.**

Un sistem de măsură corect proiectat, dimensionat și amplasat constituie baza unui management energetic eficient și conduce la obținerea de economii semnificative de energie. Numărul și calitatea aparatelor de măsură instalate depind de tipul clădirii și mărimea facturii energetice. În funcție de gradul de complexitate al clădirii se poate utiliza unul dintre următoarele tipuri de sisteme:

- măsurarea consumurilor totale este asigurată de furnizorii de energie, sistem care nu oferă informații asupra locului de consum;
- măsurarea și înregistrarea consumurilor energetice în principalele puncte de consum, sistem care oferă informații asupra compartimentelor (grupelor de consumatori);

## **SISTEME DE ALIMENTARE CU CĂLDURĂ**

**Metodele de reducere a consumului de căldură pentru încălzire se pot aplica în două etape:**

- în faza de concepție și proiectare a ansamblului clădirii;
- în cursul existenței acestora.

Asupra unora dintre elementele care influențează mărimea consumului de căldură pentru încălzire **nu se poate interveni:**

- natura și destinația incintei încălzite,
- poziția geografică și condițiile climaterice.

De aceea, principalele metode de reducere a consumului de căldură, vor fi orientate către aspecte accesibile cum sunt:

- **caracteristicile constructive, fizice și termice ale incintei alimentate cu căldură;**
- **caracteristicile tehnico-constructive ale aparatelor de schimb de căldură pentru încălzire;**
- **regimul de alimentare și modul de reglare a căldurii livrate.**

**I.O primă categorie de măsuri vizează tipul constructiv al aparatelor consumatoare, precum și sistemele de măsură, reglare și control amplasate la nivelul acestora.** În general aceste măsuri sunt avute în vedere în faza de concepție și proiectare, dar se aplică și clădirilor deja existente.

Orientarea actuală se face către echipamente performante, bazate pe tehnologii de ultimă oră în domeniul respectiv. Dintre aceste măsuri de creștere a eficienței energetice a clădirilor, pot fi amintite:

- Controlul sistemelor de încălzire - conduce la economii importante de energie pentru toate tipurile de clădiri;
- Utilizarea contoarelor de energie termică care înregistrează cantitatea de agent termic și temperaturile pe tur și retur - permite calcularea automată a energiei termice consumate în perioada de încălzire.
- Dimensionarea, întreținerea și exploatarea corectă a sistemelor de distribuție a căldurii de la sursă la aparatele consumatoare (diametre optime de conducte și grosimi ale izolației, grad de etanșitate, regim piezometric, etc.);
- Recuperarea resurselor energetice secundare. Sistemele de recuperare sunt considerate a fi eficiente implementate în cazul în care fluidele ejectate prezintă o temperatură adecvată, iar consumul de energie posibil a fi asigurat de energia produsă prin recuperare are un număr suficient de mare de ore de funcționare;
- Utilizarea resurselor regenerabile, în special a energiei solare - conduce la economii semnificative la factura energetică. De exemplu, în acest sens se pot monta ziduri solare pe pereții care sunt orientați către S și S-V.

**II. O a doua categorie de măsuri de reducere a consumului de căldură pentru încălzire vizează incinta, respectiv clădirea încălzită :**

- îmbunătățirea constructivă a incintelor printr-o compartimentare corespunzătoare, ceea ce conduce la diminuarea pierderilor de căldură prin infiltrații și ventilare naturală;
- reducerea suprafețelor vitrate, avându-se în vedere reducerea iluminatului natural (ceea ce poate avea drept consecință creșterea consumului de energie electrică pentru iluminatul artificial);
- îmbunătățirea caracteristicilor fizice și termice ale materialelor de construcție utilizate pentru realizarea incintei;
- intervenții în anvelopa clădirii care cuprinde acoperișul, zidurile, podeaua, ușile și ferestrele clădirii.

Pierderile de energie în clădiri prin elementele de construcție sunt semnificative. Actualele metode de reducere a pierderilor presupun în general izolarea și etanșarea anvelopei, dublarea geamurilor, etc.

Pentru aprecierea cantitativă a fenomenelor de transfer de căldură și masă prin elementele de construcție care intră în componența structurilor ce delimitează încăperile clădirilor se impune cunoașterea proprietăților termice și higrotermice ale materialelor de construcție omogene. Folosirea acestor date presupune existența unuia din următoarele cazuri:

- alegerea materialelor de construcție optime din punct de vedere termic și higrotermic care vor alcătui structura viitoarei clădiri;

- verificarea din punct de vedere termic și higrotermic a structurii unei construcții existente sau considerată dată la faza de proiectare.

Alegerea modului de alcătuire a elementelor de construcție se face pe baza proiectării din punct de vedere termotehnic în scopul realizării:

- rezistenței minime necesare la transferul termic, prin limitarea fluxului termic și evitarea condensului pe suprafața interioară a elementului de construcție;

- stabilității termice necesare, pentru evitarea oscilațiilor temperaturii aerului interior și pe suprafața interioară a elementelor de construcție;

- rezistenței la permeabilitate la vapori, pentru limitarea condensării vaporilor în interiorul elementelor de construcție;

- rezistenței la infiltrația aerului, pentru asigurarea capacității de izolare termică.

Alegerea structurii optime pentru o situație dată va lua în considerare atât criteriile termotehnice, cât și cele economice și arhitecturale.

Din punct de vedere termotehnic, reabilitarea clădirilor presupune **creșterea rezistenței termice a anvelopei clădirii și eliminarea fenomenelor de condens la clădirile unde aceste fenomene se manifestă, precum și asigurarea exigențelor de confort termic, atât în regim de vară cât și în regim de iarnă.**

Acțiunile de evaluare a nivelului de protecție termică existent vizează în principal:

- **Investigarea preliminară a clădirii** – se referă la:

- analiza vizuală a stării clădirii, urmărindu-se: existența infiltrațiilor de apă, identificarea zonelor afectate de condens sau mucegai, observarea la parter sau la subsol a zonelor afectate de igrasie sau de infiltrații de apă datorate canalizărilor înfundate, existența zonelor cu infiltrații de aer;

- prelevarea de probe din elementele de construcție, în vederea stabilirii caracteristicilor fizico-mecanice și de izolare termică a materialelor incluse în structura elementelor de construcție delimitatoare;

- analiza elementelor caracteristice amplasării clădirii în mediul construit;

- analiza documentației de execuție a clădirii, respectiv releveul clădirii, în cazul în care documentația de bază lipsește.

- **Determinarea performanțelor clădirii** – se referă la:

- determinare factorilor de confort termic prin măsurări "in situ" a parametrilor microclimatului, sau prin calcul, cu ajutorul indicilor de confort;

- determinarea parametrilor privind nivelul de izolare termică a elementelor delimitatoare și a anvelopei în ansamblu, prin determinarea "in situ" a neregularităților termice ale elementelor de închidere prin metoda termografiei în infraroșu și a permeabilității la aer prin metoda presurizării, sau prin calcul, în conformitate cu reglementările tehnice privind calculul termotehnic al elementelor de construcție și al coeficienților globali de izolare termică și comportarea elementelor de construcție la difuzarea vaporilor de apă;

- determinarea consumului de energie în exploatarea clădirii, pe baza bilanșurilor energetice stabilite "in situ", sau, prin calcul, cu luarea în considerare a pierderilor de căldură prin transmisie și ventilare.

**Actualele metode de reducere a pierderilor de căldură prin elementele de construcție vizează aspectele prezentate în paragrafele următoare.**

**A. Materialele izolante** utilizate au ca principală caracteristică capacitatea de a menține aer, deoarece aerul este un izolant natural foarte bun. Alte caracteristici deosebit de importante ale materialelor izolante sunt flexibilitate la temperatura de lucru, antiinflamabilitate, rezistența la apă și vaporii de apă, rezistența chimică, ușurința în depozitare și manevrare, etc. Dintre materialele izolante cele mai utilizate sunt vata minerală, fibra de sticlă, spuma poliuretanică și polistirenul expandat. Conductibilitatea lor termică este cuprinsă între 0.03-0.05 W/mK.

**B. Izolarea acoperișului** este cea mai eficientă măsură din punct de vedere al economiei de energie, având în vedere ponderea mare a pierderilor de căldură prin acoperiș. Izolarea acoperișului se poate face în mod normal (inserarea unui strat izolant între plafon și hidroizolația acoperitoare) sau invers (peste hidroizolație se depune stratul termoizolant). Acest ultim procedeu compensează deficiențele izolației normale.

În special la halele industriale pierderile de căldură prin acoperiș sunt deosebit de mari. De aceea în aceste situații se pot practica următoarele măsuri practice:

- Izolarea acoperișului cu membrane cu materiale reflectorizante și vopsea polimerică, ceea ce ajută la minimizarea transferului de căldură;
- Ventilarea tavanelor și practicarea de goluri în acoperiș în vederea prevenirii condensării vaporilor de apă;

**C. Izolarea zidurilor** conduce la creșterea confortului termic și diminuarea considerabilă a pierderilor energetice. Izolația externă are avantajul că nu perturbă funcționarea clădirii și are ca efect păstrarea

întregii structuri calde și uscate. Ea realizează cu ajutorul materialelor izolante fixate mecanic sau cu adezivi și consolidate cu plasă sau printr-o combinație de izolație și tencuială de ciment.

**D. Izolarea aplicată pe partea interioară a pereților** prezintă avantajul că nu necesită modificarea fațadei clădirii, se poate aplica numai pe anumite porțiuni ale clădirilor și este mai ușor de aplicat. Metoda prezintă și dezavantaje, deoarece conduce la întreruperea activității interioare în timpul lucrărilor și creează dificultăți în amplasarea sistemelor de conducte, în alimentarea cu energie electrică și în amplasarea instalațiilor consumatoare. Izolarea interioară reduce spațiul util al incintelor și nu poate evita apariția punților termice.

**E. Izolarea fundației și izolarea pardoselii** evită și ea apariția punților termice.

**F. Ferestrele constituie zone cu pierderi** importante de căldură în cadrul clădirilor. De asemenea, apar frecvent punți termice între ramă și perete. De aceea la clădirile vechi industriale se practică înlocuirea ferestrelor simple cu soluții moderne eficiente din punct de vedere energetic cum sunt:

- montarea de ferestre duble și triple (de exemplu, dublarea geamurilor poate reduce pierderile cu mai mult de 50%);
- umplerea spațiilor dintre straturile de geam cu gaz inert (de exemplu ferestrele constituite din trei straturi de geamuri, cu geam de tip LOW – E, și gaz inert între straturile de geam realizează o izolație de cinci ori mai mare ca a unei ferestre simple);
- montarea de panouri de fibră de sticlă (sunt deja executate duble, incasabile și foarte eficiente din punct de vedere energetic);
- montarea de perdele închise la culoare la ferestre la interior și obloane la exterior.

**Soluții de îmbunătățire a protecției termice a anvelopei clădirii specifice fiecărui element al anvelopei:**

- **izolarea termică suplimentară la interior** aduce un aport termic și o inerție termică mai redusă. Soluția este recomandată corpurilor de clădiri sau încăperilor cu ocupare temporară și lipsite de degajări semnificative de vapori.

- **izolarea termică suplimentară la exterior**, este mai eficientă deoarece elimină complet toate punțile termice, conduce atât în timpul iernii cât și în sezonul cald la o spațiul util, implică deranjamente minime pentru locatari în timpul execuției.

Pentru lucrările de izolații termice suplimentare exterioare, sunt de avut în vedere câteva din exigențele specifice, considerând ansamblul peretelui după reabilitare:

- realizarea unui spor sensibil al rezistenței specifice la transfer termic  $\Delta R \geq 0,50 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$  ;

- eliminarea riscului de condens;
- greutate suplimentară redusă;
- asigurarea unei conlucrări mecanice sigure și durabile cu peretele inițial, straturile adiționale trebuind să reziste la vânt, variații de temperatură sau umiditate și la cutremure;
- controlarea ulterioară directă a structurii portante trebuie să rămână posibilă;
- stratul exterior de protecție (tencuială) nu trebuie să se fisureze și trebuie să prezinte o comportare bună la precipitații și îngheț-dezgheț.

În concluzie, intervenția în anvelopa clădirii se face pe baza calculelor tehnico economice, punându-se în balanță investițiile necesare și beneficiile obținute sub toate aspectele.

Alte categorii de măsuri de creștere a eficienței energetice a clădirilor sunt:

- **Măsuri ce vizează reducerea pierderile de căldură prin infiltrare.** Defectele de structură ale clădirii și deschiderea necontrolată a ușilor și ferestrelor conduc la pierderi importante de căldură. În acest sens, pentru diminuarea acestor tipuri de pierderi se practică următoarele măsuri:

-Pentru etanșezarea elementelor mobile (uși, ferestre) se utilizează materiale tip spumă și materiale textile;

-Se urmărește reducerea pe cât posibil a numărului de deschideri a ușilor și ferestrelor;

-Izolarea rosturilor se face cu o spumă pe bază de vată minerală și polistiren expandat care se introduce între zidul interior și cel exterior. Acest tip de izolație are un cost relativ scăzut și durata de recuperare mică;

-Montarea de uși automate;

-Închiderea etanșă a ușilor de încărcare;

-Dimensionarea corespunzătoare a ușilor în cazul halelor industriale, conforme cu activitatea.

- **Reducerea pe cât posibil a necesităților de umidificare a aerului;**
- **Folosirea răcirii evaporative și a acumulării de căldură.**

## SISTEME DE VENITLARE

Reducerea consumului de căldură pentru ventilare se poate realiza în principiu prin aceleași metode ca și în cazul încălzirii, la care se adaugă **măsuri specifice** cum sunt:

- Utilizarea pe cât este posibil a ventilării în circuit închis (și / sau mixt), în limitele admise de noxele degajate în interior;

- Reducerea numărului de schimburi de aer cu exteriorul (în cazul ventilării în circuit deschis), în concordanță cu necesitățile locale ale incintei;
- Scurtarea intervalelor de ventilare (în cazul în care nu se dispune de sisteme de automatizare, care să permită pornirea și oprirea automată, la atingerea anumitor parametrii limită);
- Oprirea instalațiilor de ventilare pe timpul pauzelor, zilelor de week-end și a sărbătorilor;
- Dotarea cu sisteme de reglare automată a temperaturii și umidității aerului;
- Îmbunătățirea performanțelor tehnice ale aparatelor și instalațiilor utilizate;
- Îmbunătățirea performanțelor în funcționarea bateriilor de încălzire a aerului, utilizate în centralele de ventilare, precum și a aerotermelor, în cazul ventilării locale a incintelor;
- Întreținerea și exploatarea corectă a instalațiilor.

## **SISTEME DE PREPARARE A APEI CALDE DE CONSUM**

Metodele de reducere a consumului de căldură pentru prepararea apei calde vizează următoarele:

- optimizarea programului (orarului) de funcționare a instalațiilor de apă caldă;
- utilizarea de aparate economice (ex. dispersoare de duș);
- contorizarea consumului de apă caldă la consumatori;
- utilizarea acumuloarelor de căldură;
- reducerea temperaturii de stocare a apei la 50°C;
- întreținerea și exploatarea corectă a instalațiilor de preparare a apei calde;
- curățarea periodică a suprafețelor de schimb de căldură, pentru menținerea în timp a performanțelor;
- limitarea temperaturii de calcul a apei calde la 50°C, pentru reducerea depunerilor în instalații și pentru a nu accentua fenomenele de coroziune a instalațiilor;
- sisteme de recirculare a apei calde;
- izolarea optimă a conductelor de distribuție și a rezervoarelor de stocare, precum și întreținerea în timp a acestora;
- utilizarea sistemelor de măsurare și reglare automata.

În cazul întreprinderilor industriale, apar caracteristici suplimentare ale consumului de căldură pentru prepararea apei calde, care impun măsuri suplimentare pentru reducerea acestuia:

- decalarea în timp a consumului de apă caldă sanitară față de consumul tehnologic de apă caldă sau fierbinte, aspect care trebuie să fie avut în vedere la dimensionarea instalațiilor de producere, transport și distribuție a apei calde;
- desfășurarea în timp a consumurilor în cursul zilei de lucru, pe baza acestora obținându-se reducerea valorii maxime și a duratei consumului;
- recuperarea resurselor energetice secundare și utilizarea resurselor regenerabile (energie solară, biomasă).

## **CAZANE DE ABUR**

În general, pentru ca efectele aplicării soluțiilor de creștere a eficienței energetice în cazul cazanelor de abur, să fie cele scontate, măsurile aplicate la nivelul conturului: „cazan de abur” (măsuri de tip A), trebuie să fie însoțite de pachete măsuri de creștere a eficienței energetice care vizează un contur mai larg și anume **sistemele de abur și condensat, pompele și ventilatoarele aferente**. Aceste soluții care vizează instalațiile și echipamentele menționate anterior sunt prezentate în pachetele de acțiuni **B și C**.

### **Măsuri de creștere a eficienței energetice care vizează direct cazanul de abur**

Soluțiile de creștere a eficienței energetice în cazul cazanelor de abur, se înscriu în următoarele direcții principale:

#### **A.1. Reducerea pierderilor de căldură pentru cazul când cazanul / cazanele existente au un randament acceptabil.**

**Reducerea pierderilor de căldură** poate fi obținută în urma implementării următoarelor măsuri:

- Reducerea pierderilor de căldură cu gazele de ardere, care constituie principala categorie de pierderi, din cadrul acestui tip de instalație. Pentru realizarea acestui deziderat, combustia trebuie să se desfășoare în condiții bune și excesul de aer trebuie să fie optim.
- Implementarea soluțiilor de recuperare a căldurii conținute de gazele de ardere - se implementează cele mai adecvate soluții de recuperare internă (recuperatoare de căldură performante, pentru preîncălzirea aerului și/sau a combustibilului). Astfel, în cazul cazanelor de abur, gazele de ardere rezultate reprezintă o importantă categorie de resurse energetice secundare, în general de natură termică, cu un potențial recuperabil ridicat;
- Preîncălzirea apei de alimentare;
- Recuperarea căldurii aburului rezidual;



- Înlocuirea schimbătoarelor de căldură cu țevi și manta cu schimbătoare de căldură moderne cu placi;
- Utilizarea periodică a procedurii de purjare. Folosirea resurselor energetice secundare rezultate în urma acestui proces;
- Recuperarea condensatului și a căldurii conținute de acesta;
- Izolarea termică a exteriorului cazanului și a conductelor aferente . Această măsură are următoarele efecte:

-Evitarea pierderilor de căldură;

-Menținerea la un nivel constant a temperaturii necesare procesului tehnologic;

-Protejarea personalului împotriva arsurilor și degerărilor;

-Evitarea depunerii de condensat pe suprafețele reci ale echipamentelor;

-Menținerea unui mediu de lucru confortabil în jurul echipamentelor cu procese cu temperaturi ridicate.

#### **A.2. Înlocuirea cazanelor vechi cu randamente scăzute cu unele noi cu performanțe ridicate;**

#### **A.3. Înlocuirea arzătoarelor vechi cu unele cu performanțe ridicate;**

#### **A.4. Schimbarea combustibilului folosit (de exemplu înlocuirea păcurii cu gazul natural, unde este posibil);**

#### **A5. Suplimentarea cu surse (pompe de căldură, pereți solari) și acumulate de căldură.**

Ultimele patru direcții presupun intervenții substanțiale în structura de bază a echipamentului, de aceea măsurile curente de creștere a eficienței energetice aparțin primei categorii.

**B. Modernizarea sistemelor de abur și condensat.** Acest tip de proiecte de eficiență energetică vizează reducerea pierderilor de căldură respectiv de abur sau condensat. Principalele măsuri care pot fi implementate sunt următoarele:

- Optimizarea întregului sistem de conducte. Această măsură se referă la reducerea lungimii conductelor, acolo unde aceasta se poate face, pentru a micșora pierderile de căldură;
- Reducerea la minim a pierderilor masice de abur și condensat, ceea ce conduce în consecință și la reducerea pierderilor de căldură. Aceasta se poate obține prin repararea armăturii și înlăturarea tuturor defecțiunilor care conduc la scurgeri;

- Menținerea într-o condiție de bună funcționare a tuturor oalelor de condensat. Această măsură conduce la reducerea pierderilor masice și respectiv de căldură;
- Izolarea termică a tuturor conductelor și elementelor de armătură prezente pe rețea.

**C. Ventilatoare și pompe.** Aceste proiecte vizează următoarele măsuri:

- Înlocuirea ventilatoarelor și pompelor vechi cu unele de ultima generație cu caracteristici performante;
- Folosirea acționării cu turație variabilă;
- Optimizarea sarcinii;
- Implementarea unui sistem de monitorizare și control.

La aceste categorii de măsuri se adaugă activități specifice de management care vizează atât cazanele de abur propriu-zise dar și instalațiile anexe menționate anterior.

**Activități de management care se întreprind periodic:**

- Desfășurarea procesului utilizând încărcarea nominală;
- Stabilizarea cererii de căldură (programul cererii de căldură asigurată din cazan);
- Oprirea echipamentului când cererea de căldură solicită acest lucru;
- Asigurarea calității corespunzătoare a aburului (program de tratare chimică a apei);
- Aerisirea echipamentului;
- Monitorizarea combustibilului utilizat și a amestecului comburant (se corelează cu cererea de căldură);
- Verificarea admisiilor de aer fals;
- Curățarea sistemelor de evacuare a gazelor de ardere;
- Reglarea arzătoarelor la parametrii impuși;
- Calibrarea instrumentelor, a aparatelor de măsură precum și a sistemelor de control a arderii;
- Monitorizarea eficienței cazanului, comparându-se performanțele realizate cu cele standard corespunzătoare tipodimensiunii instalației;
- Implementarea de programe de mentenanță uzuale și preventive;
- Menținerea curată a suprafețelor de schimb de căldură;

- Se asigură că sistemele de curățare funcționează normal;
- Verificarea permanentă integritatea rețelelor de abur și condensat;
- Detectarea defectelor utilizând echipamente de detecție ultrasonice, pirometrice și de ascultare;
- Inspectarea izolației și detectarea eventualelor defecte;

#### **Alte măsuri care contribuie la creșterea eficienței energetice:**

- Implementarea de proceduri de operare a echipamentelor;
- Instruirea personalului și implementarea ideii de eficiență energetică;
- Operarea cazanului la cea mai scăzută presiune (pentru agent termic abur ), respectiv temperatura pentru apă fierbinte (pentru a satisface cererea de căldură impusă de consumator, fără a afecta performanțele acestora);
- Optimizarea locurilor de montare a senzorilor pentru a fi ușor accesați și verificați;
- Blocați și închideți zonele de control pentru a preveni intervențiile greșite;
- Declanșați programe de monitorizare a consumurilor proprii de energie termică;
- Optimizarea traseelor de abur și condensat;
- Verificarea uzuală a echipamentelor, înlocuirea segmentelor uzate;
- Upgradarea arzătoarelor;
- Utilizarea intensificatorilor de turbulență în zonele de ardere;
- Transformarea sistemelor de încălzire cu abur directe în indirecte;
- Scurtarea traseelor rețelelor de abur și condensat
- Verificarea periodică a izolației conductelor și echipamentelor.

#### **INSTALAȚII DE ILUMINAT**

Pachetele de soluții pentru creșterea eficienței energetice pentru aceste tipuri de instalații, vizează reducerea consumului de energie electrică pentru iluminat. În afară de măsurile de management care trebuie respectate și care pot conduce la scăderea considerabilă a facturii pentru energia electrică, proiectele de eficiență energetică se pot grupa în trei categorii:

**A. măsuri care vizează direct scăderea puterii electrice consumate de lămpi;**

**B. măsuri care vizează scăderea numărului de lămpi montate.**

**C. măsuri care vizează scăderea timpului de utilizare a sistemului de iluminat;**

**D. măsuri de management și cu caracter administrativ.**

#### **A. Măsuri ce vizează scăderea puterii electrice consumate de lămpi**

Soluțiile de creștere a eficienței energetice din aceasta categorie recomandate sunt: **înlocuirea becurilor incandescente cu alte tipuri de lămpi mai eficiente din punct de vedere energetic se pot obține economii importante de energie electrică**, cu un timp foarte mic de recuperare a investiției. Astfel, becurile incandescente : sunt cele mai ineficiente dintre lămpile disponibile. Sunt cele mai ieftine și sunt foarte răspândite în locuințe și unele birouri. Atât becurile cât și monturile au un preț mic de instalare dar au un cost foarte mare de exploatare. Acesta include: costul inițial, cheltuielile de funcționare, întreținerea și costul de înlocuire. Ele oferă o eficiență luminoasă scăzută de aproximativ 7..10 lm/w și o durată de viață relativ scurtă care este în medie de 800 de ore. Soluțiile propuse pentru a fi înlocuite sunt:

- Lămpile fluorescente - sunt alcătuite de obicei din două părți:
  - \* balastul,
  - \* lampa propriu-zisă.

Balastul are rolul de a porni lampa prin asigurarea unui curent potrivit.

Lămpile noi sunt prevăzute cu balast electronic astfel încât ele nu mai au probleme de pornire și redau foarte bine culorile. Eficiența luminoasă variază între: 30 și 55 lm/w având în general o durată de funcționare de 6000 ore. Deosebit de avantajoase sunt lămpile compacte de 22-32 w care pot fi montate direct în montura lămpilor incandescente, acestea putând înlocui cu succes lămpile incandescente de 25..100 w.

- Lămpile cu vapori de mercur. Au fost proiectate inițial pentru înlocuirea celor cu incandescență. Sunt mai eficiente decât cele cu incandescență dar produc o lumină de calitate slabă cu o mai proastă redare a culorilor.
- Lămpile cu vapori de sodiu. Sunt lămpile cele mai eficiente. Lămpile cu vapori de sodiu au o redare mai slabă a culorilor și din acest motiv se folosesc la iluminatul exterior

**Cea mai utilizată măsură de conservare a energiei electrice în cazul sistemului de iluminat este schimbarea becurilor incandescente cu lămpi fluorescente de putere mai mică.** La schimbarea becurilor incandescente cu lămpile fluorescente este necesară și schimbarea monturilor, de acest lucru trebuie să se țină seama atunci când se stabilește costul total al investiției și perioada de amortizare. Principalul inconvenient al utilizării lămpilor fluorescente îl constituie scăderea factorului de putere.

În ultimii ani producătorii au început să lanseze pe piață balasturi, deci o măsură de îmbunătățire a factorului de putere și implicit de conservare a energiei ar fi înlocuirea balasturilor existente cu balasturi mai performante

În ultimii ani s-au proiectat noi tipuri de monturi care reflectă mai multă lumină, astfel se poate reduce energia electrică consumată prin înlocuirea monturilor existente. Măsura se aplică la corpurile de iluminat cu mai multe lămpi.

Este recomandabil ca înlocuirea să se facă după o prealabilă analiză a pieței urmată de întocmirea baze de date cu diverse tipuri de monturi în funcție de prețul acestora și de calitățile de reflectare a luminii.

Tot pentru **reducerea puterii electrice consumate se pot lua măsuri** care să vizeze utilizarea cât mai eficientă a luminii naturale:

- prin aranjarea optimă a spațiului interior;
- prin utilizarea sistemelor de control a intensității luminoase. Aceste sisteme de control reglează intensitatea luminoasă în funcție de intensitatea luminii naturale. Prețul acestor sisteme variază în funcție de complexitatea sistemului de reglaj; astfel există sisteme mai ieftine care realizează intensitatea luminoasă în funcție de timp în trepte prestabilite și sisteme mai scumpe cu reglarea continuă a intensității luminoase.

## **B. Măsuri care vizează scăderea numărului de corpuri de iluminat**

În acest caz problema cea mai des întâlnită este **suprailuminarea**. Aceasta poate avea mai multe cauze :

- sistemul de iluminat a fost greșit proiectat (de exemplu s-a luat în calcul o arie mai mare decât cea existentă, sau s-a făcut o împărțire greșită a corpurilor de iluminat, iar în cazul clădirilor mai vechi, unde proiectarea sistemului de iluminat s-a făcut după un standard care prevedea nivele de iluminare mai mari și care astăzi nu mai este în vigoare);
- camera a avut inițial o altă destinație (de exemplu destinația inițială a camerei ar fi putut fi o sală de proiectare însă în prezent ea este utilizată ca magazie).

În aceste cazuri este necesară **refacerea calculului pentru sistemul de iluminat urmărind fie reducerea numărului de corpuri de iluminat fie reducerea puterii instalate a acestora.**

**Măsurile de economisire a energiei din această categorie sunt:**

- trecerea la un iluminat local sau mixt. În acest caz se urmărește menținerea nivelului de iluminare pentru un consum mai mic de energie electrică.

- împărțirea sistemului de iluminat în mai multe circuite. Această măsură poate aduce o economie considerabilă de energie la sălile foarte mari deoarece nu mai este necesară iluminarea întregii săli atunci când nu este nevoie.

### **C. Măsurile care vizează scăderea timpului de utilizare a sistemului de iluminat;**

În clădirile în care există un orar strict se pot lua măsuri pentru scăderea timpului de utilizare a sistemului de iluminat, prin introducerea unor sisteme care să permită acest lucru.

Aceste sisteme se împart în trei categorii:

- sisteme care limitează timpul de funcționare a sistemului de iluminat (sisteme automate de aprindere corelate cu orele de funcționare, fotocelule, sisteme sonore integrate în sistemele de control și management al energiei)
- sisteme care limitează utilizarea sistemului de iluminat în funcție de intensitatea luminii naturale. În această categorie intră sistemele cu celule fotovoltaice (care convertesc radiația solară în electricitate). Când curentul generat de celula fotovoltaică atinge valoarea prestabilită sistemul de control oprește sistemul de iluminat.
- sisteme care permit funcționarea sistemului de iluminat doar în cazul prezenței ocupanților în încăperea. Aici sistemul de control se bazează pe semnalele primite de la senzorii de mișcare sau de la senzorii cu infraroșii.

Ultimele două sisteme au preț mai ridicat însă asigură economii mai importante de energie electrică.

Sistemele controlate de un timer au avantajul unui preț mai scăzut însă prezintă dezavantajul necesității unei reglări periodice, economiile de energie electrică depinzând direct de seriozitatea persoanei care programează timer-ul.

Indiferent de sistemul de control adoptat, după o riguroasă prospectare a pieței trebuie calculate costurile de instalare și economiile realizate.

Instalațiile de iluminat lăsate permanente în funcțiune (necorelate cu orele de program) conduc la degajări de căldură afectând eficiența energetică a instalațiilor de climatizare, deci impactul energetic negativ este dublu: atât asupra consumurilor efective ale instalațiilor de iluminat propriu-zise, crescând consumul acestora dar și a instalațiilor de climatizare aferente conturului analizat.

### **D. Măsurile de management și cu caracter administrativ**

Pe lângă măsurile prezentate anterior se pot recomanda ocupanților clădirii și măsuri de management și cu caracter administrativ ce pot aduce importante economii de energie electrică. În continuare vor fi enumerate astfel de măsuri:

- supravegherea permanentă a zonelor pentru cunoașterea faptului dacă sistemele de iluminat existente sunt adecvate tipului de activitate;
- retragerea sistemelor ineficiente;
- verificarea periodică a sistemelor existente în vederea respectării normativelor în ceea ce privește eficiența energetică a sistemelor și asigurarea confortului;
- utilizarea luminii naturale (unde este posibil);
- dezvoltarea simțului responsabilității în ceea ce privește luminarea zonelor neocupate (neutilizate);
- Evitarea zonelor suprailuminate. În acest sens se practica următoarele:

Dacă exista zone cu lumina mai puternică decât cea necesară se recurge la mutarea lămpilor astfel încât să se asigure creșterea nivelului de iluminat în zonele de lucru și reducerea acestuia în zonele de tranzit. Aceste măsuri conduc la creșterea confortului simultan cu creșterea eficienței energetice.

-scoaterea lămpilor fluorescente și a celor cu descărcări de gaze impune și demontarea balasturilor (acestea consuma energie chiar în absența lămpilor);

-sisteme de estompare în funcție de tipul activității desfășurate. Astfel este necesar să se practice iluminare maximă în timpul desfășurării producției și estompare în perioadele de curățenie și securitate.

- întreținerea corespunzătoare a lămpilor. Astfel lămpile murdare cu praf și grăsime – în special în cazul halelor industriale - fără lentile de amplificare, fără suprafețe reflectorizante poate conduce la scăderea performanțelor iluminatului cu cca 30%
- Se recomandă curățarea de cel puțin 2 ori/an a suprafeței utile a lămpilor.
- Curățarea regulată a geamurilor și luminatoarelor având în vedere că factorul de transmisie a fluxului luminos scade de la 0,5 pentru un geam curat la 0,3 pentru un geam murdar.

Măsura se impune în special în halele industriale unde murdărirea geamurilor se produce foarte repede și curățarea lor este neglijată.

- văruirea regulată a pereților (un perete murdar poate reduce intensitatea luminoasă de de 1,4 ori) și utilizarea perdelelor.

## **MOTOARE ELECTRICE**

Așa cum rezultă din studiile ONU privind posibilitățile de reducere a consumurilor energetice pentru țările din Europa de Est, utilizarea acționărilor cu viteză variabilă și reglatoarelor electronice aplicabile în industrie, sectorul terțiar și rețelele de încălzire urbană pot genera economii cuprinse între 25 și 50% din consumul actual. Reglarea generatoarelor de utilități industriale în funcție de sarcina momentan cerută de procesul tehnologic permite obținerea următoarelor economii de energie electrică:

- 30÷50% pentru ventilatoare și pentru pompele de alimentare a cazanelor;
- 20÷25% pentru compresoare.

Sistemele de acționare reglabile trebuie să se folosească în principal în următoarele cazuri:

-atunci când condițiile de funcționare impun ca puterile să fie modificat des și în limite foarte largi (cazul pompelor de alimentare cu apă și cel al turbocompressoarelor pentru transportul gazelor);

-în condițiile în care se impune funcționarea prelungită cu un debit mult mai mic decât cel nominal (cazul ventilatoarelor folosite în aerajul minier);

-pentru turbomașinile care necesită reglarea automată a debitului, pentru care se impun cerințe riguroase în ceea ce privește calitatea reglării (cazul pompelor de recirculare și al turbocompressoarelor de răcire);

- **Utilizarea convertizoarelor statice de frecvență în acționarea cu turație variabilă**

Deși intrate de decenii în existența cotidiană industrială a țărilor dezvoltate, acționările cu turație variabilă au o răspândire redusă în țara noastră. Durata de amortizare a investițiilor, printre cele mai reduse din domeniul conservării energiei, plasează metoda de reglare prin intermediul varierii turației de antrenare a motoarelor de curent alternativ cu ajutorul convertizoarelor statice de frecvență printre investițiile cele mai rentabile în domeniu. Economia de energie nu este singurul avantaj ce apare la utilizarea convertizoarelor statice de frecvență.

Răspândirea masivă a acestora pe plan mondial în ultimele decenii în aplicațiile industriale deservite până atunci de motoare asincrone sau sincrone la care nu se regla viteza a contribuit la creșterea productivității unei game largi de procese tehnologice.

Această creștere s-a făcut pe baza eliminării discrepanței dintre necesitățile variabile ale proceselor tehnologice cele mai diverse și turația constantă a motoarelor de curent alternativ care le deservesc.

**Lărgirea ariei de folosire a convertizoarelor statice de frecvență s-a făcut și prin înlocuirea sistemelor de reglare a vitezei prin transmisii hidraulice, mecanice, electrodinamice cu fiabilitate și randament scăzute (în special la viteze depărtate de viteza nominală a motorului.**



Domeniul larg de aplicare al lor le face să fie interesante pentru orice agent economic din orice ramură a economiei naționale, iar **economia de energie obținută cu ajutorul convertizoarelor statice de frecvență a făcut ca implementarea acestora să fie inclusă printre măsurile prioritare ale Agenției Române pentru Conservarea Energiei.**

### **Avantaje și aplicații ale convertizoarelor statice de frecvență**

Printre avantajele acționărilor cu motoare asincrone asociate cu convertizoare statice de frecvență se pot aminti:

- simplitatea constructivă în raport cu motoarele de curent continuu ;
- prețul mai mic decât al motorul sincron cu magneți permanenți;
- durate reduse de recuperare a investițiilor din economia de energie;
- continuitatea, stabilitatea și finețea reglajului, cu efecte benefice asupra calității și prețului de cost al produselor;
- creșterea gradului de automatizare a proceselor tehnologice prin cuplarea facilă a convertizoarelor statice de frecvență la automate programabile sau calculatoare de proces;
- realizarea unor funcții suplimentare de protecție a motoarelor electrice alimentate prin intermediul convertizoarelor;
- funcționare la  $\cos \varphi \approx 1$ ;
- scăderea uzurii lagărelor;
- dinamică de reglare bună;
- posibilitatea de obținere a unor viteze ridicate, reglabile continuu;
- eliminarea pornirilor bruște, generatoare de defecțiuni ale mecanismelor antrenate și ale bobinajelor motoarelor asincrone (datorate efectelor termic și electrodinamic al curentului de pornire care are valoare mare la cuplarea motorului direct la rețea);
- eliminarea vibrațiilor și a zgomotelor specifice regimurilor parțiale (create la acționarea ventilelor);
- reducerea uzurii pompelor ca urmare a funcționării acesteia la viteze mai mici decât viteza nominală, fiind cunoscut că tensiunile din material scad aproximativ cu pătratul vitezei de rotație;
- micșorarea uzurii instalației de transport a fluidelor ca urmare a vehiculării acestora la presiuni reduse;

-mărirea duratei de viață a motorului prin funcționarea acestuia la curenți mai mici decât curentul nominal;

-prin schimbarea metodei de reglare a debitului pompelor prin strangulare cu reglare prin intermediul acționărilor cu turație variabilă, se înlătură impedimentul forței de reacție axiale în rotorul pompei care se amplifică la ștrangularea conductei de reglare a pompelor; în acest fel nu mai este necesar să se prevadă orificii circulare în palele motorului pompei centrifuge care reduc randamentul volumetric al pompei cu  $10 \div 25\%$ , deci pompele construite special pentru acest tip de acționare au un randament superior celor normale, compensând parțial scăderea randamentului datorată armonicilor superioare și prezenței convertizorului;

Aceste avantaje precum și superioritatea reglării turației motoarelor asincrone prin reglarea frecvenței sursei în raport cu celelalte metode electrice de reglare (atât în ceea ce privește finețea cât și economicitatea reglajului) a dus la aplicarea curentă a acestor dispozitive electronice în sistemele de antrenare a benzilor transportoare, mașini de ridicat dar și a unor acționări ce funcționează în regimuri de porniri/opriri dese.

**Principala lor aplicație din punct de vedere al economiei de energie este reglarea vitezei pompelor, ventilatoarelor și compresoarelor.**

În afara acestor avantaje, utilizarea convertizoarelor statice de frecvență prezintă și anumite dezavantaje, printre care:

-prețul de cost relativ ridicat al acestora; acest dezavantaj este compensat de durata de recuperare scurtă a investiției în raport cu celelalte metode de conservare a energiei;

-prezența armonicilor în tensiunea de alimentare a motorului al căror nivel depinde de tipul de convertizor static de frecvență folosit; pierderile suplimentare provocate de aceste armonici nu diminuează randamentul sistemului de acționare cu mai mult de 2% pentru majoritatea convertizoarelor statice de frecvență existente pe piața românească;

-prezența armonicilor superioare în tensiunea de alimentare a motorului, al căror efect asupra valorii momentane a cuplului poate să nu fie neglijabil;

-posibilitatea apariției fenomenelor de rezonanță, periculoase pentru motor; majoritatea echipamentelor moderne au în sistemul de comandă dispozitive de eliminare a funcționării la frecvențele care produc aceste fenomene;

-propagarea de armonici de tensiune în restul sistemului; aceste armonici pot fi eliminate, atunci când nivelul lor depășește o valoare limită, prin intercalarea unor filtre între rețea și convertizor;

-creșterea consumului cu circa 2% când motorul funcționează la sarcina nominală sau peste această încărcare datorită consumului propriu al convertizorului.

Aceste dezavantaje sunt puternic compensate de avantajele utilizării lor.

## **CUPTOARE INDUSTRIALE**

În cazul cuptoarelor industriale care utilizează combustibili clasici neregenerabili creșterea eficienței energetice se face prin aplicarea de măsuri similare celor dezbătute în cazul cazanelor de abur însoțite și în acest caz de pachete măsuri de creștere a eficienței energetice care vizează un contur mai larg și anume **ventilatoarele aferente.**

Soluțiile de creștere a eficienței energetice se înscriu în următoarele direcții principale:

**A. Măsuri care vizează reducerea pierderilor de căldură** - poate fi obținută în urma implementării următoarelor măsuri:

- Reducerea pierderilor de căldură cu gazele de ardere, care constituie principala categorie de pierderi, din cadrul acestui tip de instalație. Pentru realizarea acestui deziderat, combustia trebuie să se desfășoare în condiții bune și excesul de aer trebuie să fie optim.
- Izolarea termică a exteriorului cuptorului . Această măsură are următoarele efecte:
  - Evitarea pierderilor de căldură;
  - Menținerea la un nivel constant a temperaturii necesare procesului tehnologic;
  - Protejarea personalului împotriva arsurilor și degerărilor;
  - Evitarea depunerii de condensat pe suprafețele reci ale echipamentelor;
  - Menținerea unui mediu de lucru confortabil în jurul echipamentelor cu procese cu temperaturi ridicate.
- Implementarea soluțiilor de recuperare a căldurii conținute de gazele de ardere - se implementează cele mai adecvate soluții de recuperare internă (recuperatoare de căldură performante, pentru preîncălzirea aerului și/sau a combustibilului). Astfel, în cazul cuptoarelor industriale, gazele de ardere rezultate reprezintă o importantă categorie de resurse energetice secundare, de natură termică și/sau chimică cu un potențial recuperabil ridicat;

**B. Înlocuirea arzătoarelor vechi cu unele cu performanțe ridicate;**

**C. Înlocuirea alimentării cu combustibilului folosit (de exemplu înlocuirea păcurii cu gazul natural, unde este posibil);**

## D. Înlocuirea alimentării cu combustibil cu energie electrică

Aplicarea **soluțiilor de recuperare avansată în cazul cuptoarelor tehnologice alimentate cu combustibili clasici conduce la creșterea eficienței energetice** a acestor tipuri de instalații. Prin aplicarea recuperării **căldurii fizice și chimice a gazelor de ardere** evacuate se reduc pierderile de căldură conducând la creșterea eficienței energetice și concomitent cu aceasta a **eficienței ecologice și economice a cuptoarelor tehnologice**. Având în vedere principalele caracteristici ale gazelor de ardere evacuate din cuptoarele tehnologice acestea pot fi considerate:

- resurse energetice secundare (r.e.s) de natură termică, principala caracteristică a acestora fiind căldura fizică conținută;
- resurse energetice secundare de natură (r.e.s.) combustibilă, principala caracteristică a gazelor de ardere fiind căldura chimică (conținutul de elemente chimice combustibile nearse)

**I. În primul caz, cel al recuperării gazelor de ardere ca resurse energetice secundare de natură termică, principalele soluții tehnice aplicate în cazul cuptoarelor industriale sunt:**

- Recuperarea internă a căldurii gazelor de ardere pentru: **preîncălzirea aerului, preîncălzirea combustibilului și preîncălzirea materialelor tehnologice**. Utilizarea căldurii recuperate se face direct în cadrul cuptorului tehnologic în care s-au produs gazele de ardere. Prin încadrarea în fluxul tehnologic a instalației recuperatoare cât mai aproape de locul producerii r.e.s. se evită pierderile de căldură prin transport, asigurându-se un grad ridicat de recuperare. Prin aplicarea unei soluții de recuperare de acest tip se economisește combustibil tehnologic (superior), efectul reflectându-se sub aspect energetic și economic la nivelul conturului aferent instalației industriale unde s-au produs gazele. Sub aspect economic, prin încadrarea instalațiilor recuperatoare în fluxul tehnologic, aceste soluții de recuperare nu necesită cheltuieli suplimentare de exploatare;
- Recuperarea externă a căldurii fizice a gazelor de ardere în scopuri energetice (cazane recuperatoare). Recuperarea externă are loc atunci când căldura conținută de gaze este utilizată în afara conturului cuptorului tehnologic din care au rezultat, într-un contur mai larg: întreprinderea sau platforma industrială, pentru acoperirea necesarului de energie termică și/sau electrică.

Aceste soluții de recuperare se pot aplica fie ca soluții independente, fie completând soluțiile de recuperare internă, pentru creșterea gradului total de recuperare realizat și mărirea eficienței energetice în cadrul conturului de bilant dat. Efectele energetice obținute prin economisirea combustibilului se reflectă la nivelul utilizatorului energiei recuperate, de regulă combustibilul economisit fiind combustibil energetic.

Efectele economice determinate atât de economia de cheltuieli cu combustibilul cât și de investițiile și cheltuielile aferente instalației recuperatoare influențează balanța economică a utilizatorului energiei recuperate.

**II. În cazul, soluțiilor de recuperare a gazelor de ardere ca resurse energetice secundare de natură chimică, soluțiile tehnice posibile sunt:**

- Recuperarea externă a căldurii fizice a gazelor de ardere în scopuri energetice (cazane recuperatoare), caracterizate de elementele menționate mai sus.

### **SISTEME DE AER COMPRIMAT**

Sistemele de producere a aerului comprimat sunt mari consumatoare de energie, de aceea funcționarea lor trebuie să fie foarte eficientă. Măsurile care pot fi implementate se pot grupa în două categorii principale:

#### **A. Măsuri la nivelul instalării sau re tehnologizării sistemului industrial de aer comprimat**

- Reducerea pierderilor de presiune la curgere (prin frecare);
- Îmbunătățirea concepției generale a stației de compresoare – sisteme multicompresie;
- Îmbunătățirea compresoarelor - înlocuirea compresoarelor vechi cu compresoare noi cu performanțe ridicate;
- Introducerea motoarelor electrice cu turație variabilă;
- Recuperarea căldurii reziduale în diverse scopuri;
- Îmbunătățirea modului de utilizare a aerului comprimat la consumatori prin realizarea de ajutaje economice, automatizarea și etanșeizarea admisiei aerului comprimat la aparatele consumatoare, utilizarea de ajutaje corect dimensionate în vederea alegerii secțiunii minime de trecere;
- Normarea judicioasă a consumurilor specifice de aer comprimat pe unități de produs, pe secții de producție;
- Utilizarea unor sisteme sigure de control în funcționare;
- Îmbunătățirea sistemelor de răcire, uscare și filtrare;
- Folosirea rezervoarelor pentru stocarea aerului comprimat;
- Încălzirea aerului comprimat înainte de consumatori, pentru același consum volumetric se reduce astfel consumul gravimetric. Încălzirea aerului chiar la temperaturi înalte, nu prezintă pericol de explozie a eventualului amestec aer și ulei.

## **B. Măsurile la nivelul exploatarei și mentenanței sistemului industrial de aer comprimat**

- Reducerea pierderilor de aer;
- Înlocuirea frecventă a filtrelor.

### **3.2. Utilizarea eficientă a energiei electrice**

Receptoarele electrice sunt aparate electrice care transformă energia electrică într-o altă formă de energie utilă omului.

De exemplu :

- lămpile electrice, transformă energia electrică în energie luminoasă;
- motoarele electrice, transformă energia electrică în energie mecanică;
- cuptoarele electrice, transformă energia electrică în energie termică;
- băile de tratare termică, transformă energia electrică în energie chimică;
- transformatoarele electrice, transformă energia electrică de anumiți parametri în energie electrică de alți parametri etc.

Marea majoritate a acestor aparate electrice sunt alimentate din rețelele de joasă tensiune la:

- 230 V, receptoarele monofazate;
- 400/230 V, receptoarele trifazate.

În situații particulare se pot alimenta și la tensiuni diferite de cele de mai sus:

- la tensiuni reduse, atunci când sunt de putere mică și montate în spații (locuri) unde există pericol de electrocutare pentru om sau animale;
- la tensiuni mai mari, în special în industrie, când receptoarele au puteri foarte mari și se află sub supravegherea unui personal instruit.

Din punct de vedere al alimentării cu energie electrică receptoarele se pot clasifica în două grupe mari :

- *receptoare standard*, alimentate din rețeaua electrică publică;
- *receptoare critice*, care necesită o siguranță mărită în funcționare.

Siguranța mare, în funcționare, a receptoarelor critice este necesară deoarece, la întreruperea alimentării cu energie electrică, acestea pot provoca pagube materiale deosebite (de cele mai multe ori nerecuperabile) și chiar pierderi de vieți omenești.

Exemple de receptoare critice:

- receptoarele electrice dintr-un grup operator dintr-un spital;
- receptoarele electrice care asigură funcționarea posturilor naționale de radio și TV;
- sistemul de iluminat al unei piste de aeroport;
- sistemele de iluminat de siguranță (evacuare, circulație, intervenție, veghe etc.) din clădiri;
- serverele sistemelor informatice etc.

În funcție de importanța receptoarelor critice sunt utilizate diferite tipuri de surse neîntreruptibile.

De cele mai multe ori receptoarele electrice sunt grupate în:

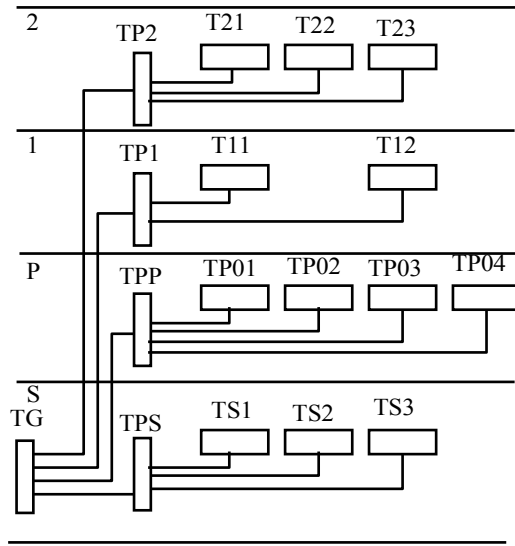
- receptoare electrice pentru iluminat;
- receptoare de putere, ce cuprind restul receptoarelor .

#### *A. Schemele rețelelor de distribuție de joasă tensiune*

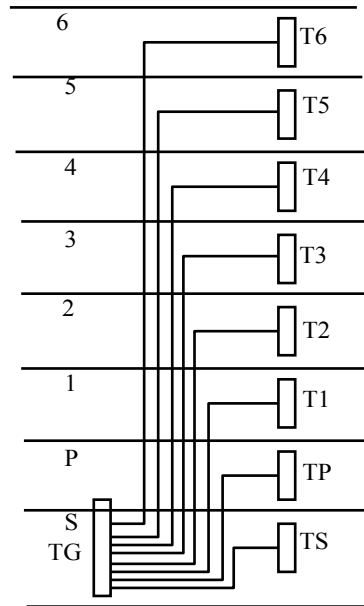
Receptoarele electrice sunt alimentate cu energie electrică prin intermediul tablourilor electrice. În tablourile electrice se montează echipamentele de protecție, de acționare, de semnalizare și de automatizare. În funcție de poziția în schema de alimentare, tabloul electric poate fi: general, principal și secundar.

Într-o clădire de mici dimensiuni sau cu număr redus de receptoare electrice, tablourile principale pot să lipsească, tablourile secundare fiind alimentate direct din tabloul general.

În figurile 3.2.1 ... 3.2.4 sunt prezentate principalele tipuri de scheme de distribuție ce se utilizează în alimentarea receptoarelor electrice dintr-o clădire.



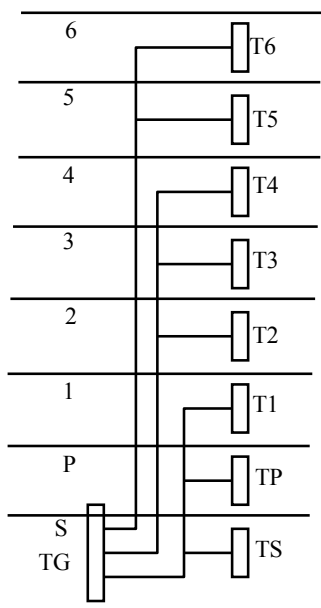
**Figura 3.1 – Schemă de distribuție radială (arborescentă).**



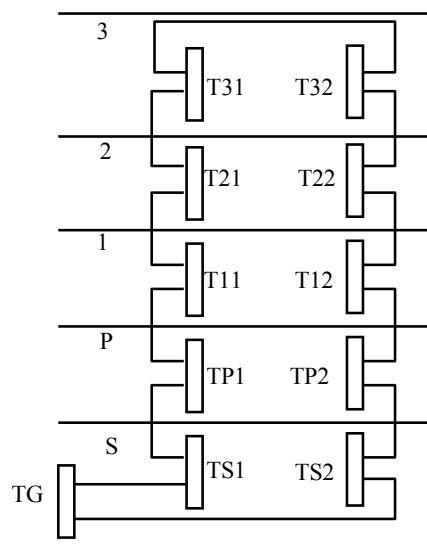
**Figura 3.2 – Schemă de distribuție radială fără tablouri**

În figurile 3.2.1...3.2.4 au fost utilizate următoarele notații: TG – tablou general; TPS, TPP, TP1, TP2 – tablouri principale la subsol (S) ; parter (P); etaj (1) și etaj (2); TS1...TS3; TP01... TP04; T11,T12; T21 ... T23, T31, T32, T1...T6 – tablouri secundare.

*Schema de distribuție radială* (fig. 3.2.1 și fig. 3.2.2.) este folosită cel mai des deoarece este simplă de executat, oferă o bună siguranță în funcționare și exploatare (întreținere) ușoară. Defectul pe un circuit sau pe o coloană este ușor de identificat și, de cele mai multe ori, nu afectează alte grupuri de receptoare din clădire. Schema din figura 3.2.1 se folosește în alimentarea cu energie electrică a clădirilor de mari dimensiuni, atât pe verticală, cât și pe orizontală.



**Figura 3.3 – Schemă de distribuție cu coloane magistrale.**



**Fig. 3.4 – Schemă de distribuție în care tablourile electrice sunt alimentate**

În aceste situații sunt necesare tablourile principale (TPS ... TP2).



*Schema de distribuție cu coloane magistrale* (fig. 3.2.3) se adoptă atunci când puterea tablourilor secundare este relativ mică (3 ... 7 kW). Coloana va alimenta două sau trei tablouri secundare, iar puterea coloanei nu ar trebui să depășească 20 ... 25 kW. În astfel de scheme, tabloul general este mult mai simplu, cu aparate electrice puține. Dezavantajul schemei este acela că un defect pe una din coloane scoate din funcțiune un număr mare de receptoare.

*Alimentarea în „buclă”* a tablourilor secundare se utilizează atunci când se cere o siguranță mai mare în funcționare pentru receptoarele din clădire. Coloana are aceeași dimensiune pe toată lungimea. Un defect pe coloană nu duce la întreruperea funcționării unor receptoare. În acest caz tablourile electrice sunt alimentate după sistemul cu coloane magistrale.

În clădirile existente, unde de-a lungul timpului, s-au efectuat modificări la destinațiile inițiale sau au fost adăugate noi construcții se practică alimentarea tablourilor electrice după schema „în cascadă” (fig. 3.2.5).

Tabloul TS1 este alimentat din tabloul TG (printr-o coloană sau dintr-o coloană magistrală). Modificările din clădire au impus un nou tablou TS1.1. alimentarea acestuia se face din tabloul TS1. Ulterior, noile completări sau modificări ale construcției impun realizarea unui nou tablou TS1.1.1 alimentat din tabloul TS1.1. Astfel de soluții în alimentarea receptoarelor din clădire nu se recomandă. Tablourile TS1.1 și TS1.1.1 trebuie alimentate din tabloul TG, dacă în aceasta există rezerva necesară. Dacă rezerva nu este suficientă, tabloul TG se va modifica pentru a asigura o alimentare sigură.

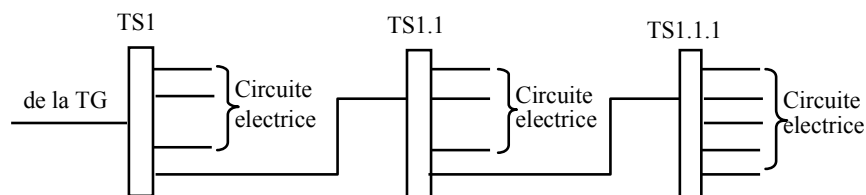


Figura 3.5 – Alimentarea în „cascadă”.

### B. Schemele rețelelor de alimentare

Alimentarea consumatorilor se face din rețele de medie tensiune utilizând unul sau mai multe transformatoare de 20/0,4 kV.

Transformatorul sau transformatoarele se montează într-un post de transformare (PT) ce poate fi:

- *al abonatului*, atunci când se află în incinta abonatului și este întreținut și exploatat de acesta;
- *de rețea*, când se află în întreținerea și exploatarea furnizorului sau distribuitorului de energie electrică. Acesta se poate afla în incinta unui abonat sau într-o construcție proprie, care poate fi subterană sau supraterană. Postul de transformare T (fig. 3.2.6) trebuie să respecte condițiile impuse de normativele în vigoare.

Rețelele electrice de alimentare pe joasă tensiune pot fi:

- rețele legate la pământ (rețele tip T) – figura 3.2.6;
- rețele izolate față de pământ (rețele tip I) – figura 3.2.7.

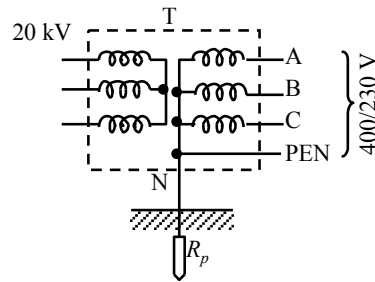


Fig. 3.6 – Rețea de joasă tensiune legată la pământ (tip T).

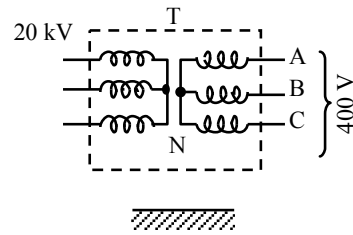


Fig. 3.7. Rețea de joasă tensiune izolată față de pământ (tip I).

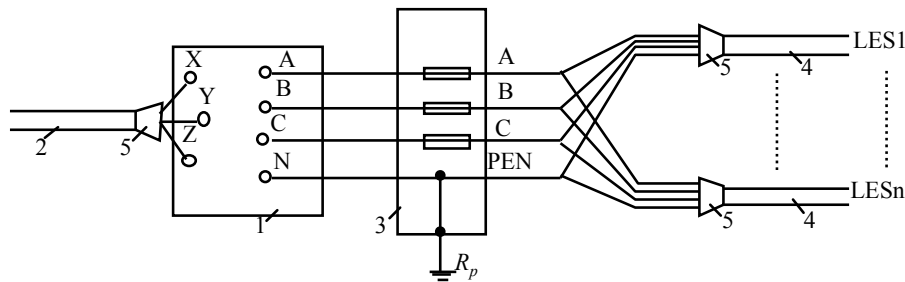
Alimentarea consumatorilor de joasă tensiune se face, în proporție de 99% , din rețele legate la pământ – tip T – deși, din punct de vedere al protecției omului la electrocutare, acestea sunt foarte periculoase. Legarea la pământ a neutrului (N) secundarului transformatorului se face printr-o priză de pământ de exploatare, având rezistența electrică  $R_p$  . În acest fel, conductorul neutru are practic potențialul pământului, ceea ce permite conectarea la rețea a receptoarelor monofazate sau a receptoarelor trifazate cu sarcini diferite pe faze.

Rețeaua izolată față de pământ, deși prezintă o securitate mai mare din punct de vedere al pericolului la electrocutare, are o utilizare redusă. Aceasta se datorește faptului că potențialul punctului neutru (N) depinde de încărcările pe cele trei faze. Deci rețeaua trebuie să alimenteze numai receptoare echilibrate, cu puteri egale pe cele trei faze.

Rețeaua din figura 3.2.6 este o rețea cu *neutrul comun* (PEN). Conductorul PEN va fi utilizat, la consumator, atât drept conductor neutru (N), la care se leagă receptoarele monofazate, cât și drept conductor de protecție (PE), pentru protecția omului la electrocutare. Schema unei astfel de rețele poartă denumirea de „schemă TNC” .

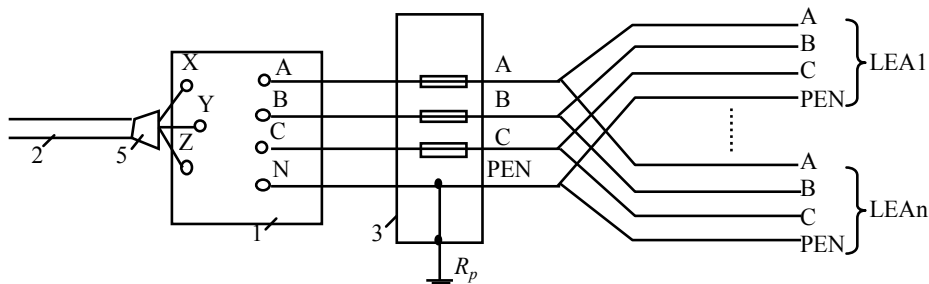
Alimentarea cu energie electrică de joasă tensiune a consumatorilor se poate face prin :

- linii electrice subterane (LES) (fig. 3.2.8);
- linii electrice aeriene (LEA) (fig. 3.2.9).



**Figura 3.8 – Alimentarea prin linie subterană:**

1 – Transformator 20/0,4 kV; 2 – Cablu 20 kV; 3 – Tablou de distribuție 0,4 kV; 4 – Cabluri 0,4 kV; 5 – Cutii terminale;  $R_p$  – rezistența electrică a prizei de pământ de exploatare;



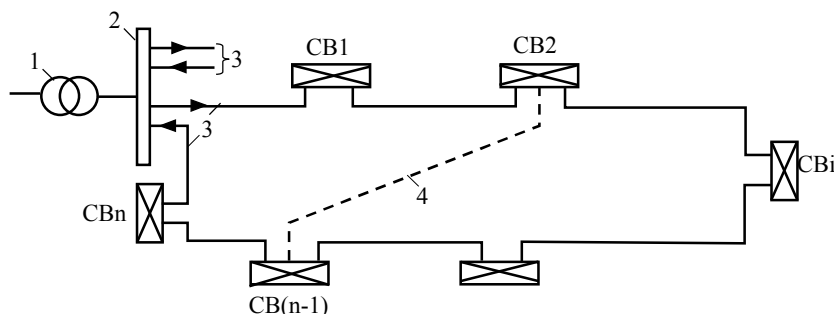
**Figura 3.9 – Alimentarea prin linii aeriene:**

1 – Transformator 20/0,4 kV; 2 – Cablu 20 kV; 3 – Tablou de distribuție 0,4 kV; 4 – Cutie terminală;  $R_p$  – rezistența electrică a prizei de pământ de exploatare; LEA1 ... LEAn – linii electrice aeriene de 400/230 V.

Dintr-un transformator 20/0,4 kV pot fi alimentate una sau mai multe linii de joasă tensiune (LES sau LEA) în funcție de puterea transformatorului și de sarcinile consumatorilor .

Consumatorii alimentați dintr-un post de transformare sunt conectați la rețea prin intermediul unui *cofret de bransament* (CB). În prezent, cofretele diferiților consumatori sunt conectate în „buclă” (fig. 3.2.10).

Alimentarea în buclă permite o siguranță mare în alimentarea tuturor consumatorilor. În caz de defect pe o porțiune de rețea (de exemplu scurtcircuit) aceasta se deconectează din cofretele de la capete. Toți consumatorii sunt alimentați, în continuare, prin două rețele radiale. După înlăturarea defectului porțiunea din rețea se repune în funcțiune, refăcându-se alimentarea în „buclă” a consumatorilor.



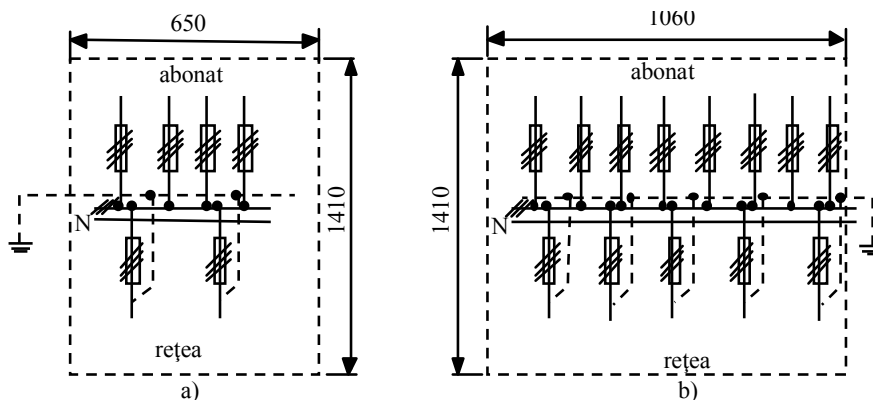
**Fig. 3.10 – Alimentarea cofrețelor de bransament (CB1 ... CBn) dintr-un post de transformare de rețea:**

1 – Transformator; 2 – Tabloul de joasă tensiune; 3 – Buclă de alimentare; 4 – Legătură suplimentară pentru creșterea siguranței în alimentare a consumatorului

Atunci când la rețea sunt conectați consumatori pentru care se solicită siguranță mai mare în alimentare, aceștia pot fi conectați și la alte cofrețe din rețea (fig. 3.2.10, legătura 4) .

Cofretele de branșament se execută în goluri (nișe) care se prevăd în construcție, de regulă în apropierea intrării în clădire .

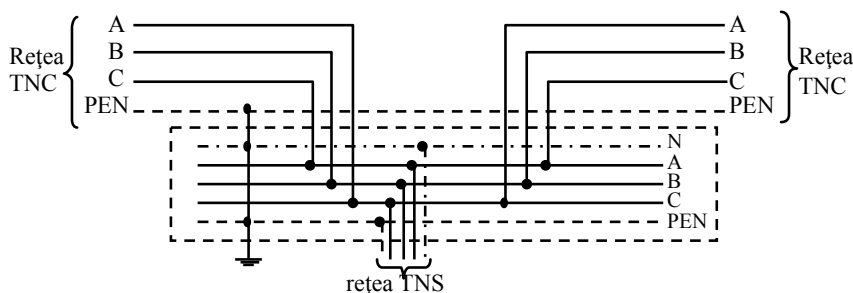
Dimensiunea golului variază de la 1410 × 650 mm la 1410 × 1060 mm, în funcție de echiparea cofretului – figura 3.2.11.



**Figura 3.11 – Tipuri de echipări pentru cofretele de branșament:**  
**a) în sistem „intrare – ieșire” din rețea;**  
**b) cu mai multe racorduri la rețea, pentru siguranță mărită în funcționare.**

Siguranțele fuzibile, pe racordurile din rețea, sunt de tip MPR (mare putere de rupere), iar cele către abonat de tip LF sau LFi.

Rețeaua electrică de alimentare pornește din postul de transformare cu neutrul comun (PEN) – schemă tip TNC. La consumator (abonat) aceasta se transformă în rețea cu conductor neutru (N) și conductor de protecție (PE) distincte – schema TNS – figura 3.2.12.



**Figura 3.12 – Transformarea rețelei TNC în TNS.**

Transformarea rețelei din schemă TNC în schemă TNS se face prin legarea la o priză de pământ, cu rezistența electrică mai mică de 4 Ω, a conductorului PEN și ramificarea acestuia în conductoarele N și PE .

Această transformare a rețelei TNC în TNS poate fi realizată:

- în cofretul de branșament;
- la tabloul general al clădirii;
- la ultimul tablou ce se leagă la priza de pământ.

Pentru consumatorii la care este preponderentă instalația de iluminat și prize, trecerea de la rețea TNC la rețea TNS este obligatorie la cofret sau la tabloul general, atunci când acesta există.

Pentru consumatorii industriali, la care instalația de putere este importantă (ca putere instalată), rețeaua TNC poate fi dusă până la ultimul tablou de putere care, în mod obligatoriu, se va lega la pământ.