

Capitolul II

ABURUL – PRINCIPALUL AGENT TERMOENERGETIC UTILIZAT ÎN INSTALAȚIILE DE PRELUCRARE A PETROLULUI

Cel mai utilizat agent termoenergetic în industrie este aburul. Acesta s-a impus în competiția cu alți agenți termici prin numărul mare și importanța avantajelor pe care le prezintă în comparație cu dezavantajele.

În tabelul 2.1 sunt prezentate sintetic principalele avantaje și dezavantaje ale aburului, utilizat ca agent termic în diferite procese industriale.

Tabelul 2.1 Avantajele și dezavantajele utilizării aburului

Avantaje	1 Costul redus datorită costului scăzut al apei din care se produce și datorită tehnologiilor relativ accesibile.
2	Nu prezintă pericolul coroziunii datorită caracterului inert până la temperaturi de ordinul a 500°C, peste care viteza reacțiilor de descompunere cu formare de oxigen devine semnificativă.
3	Nu este combustibil.
4	Nu este toxic.
5	Capacitatea ridicată de înglobare a energiei datorită căldurii latente de vaporizare și a căldurii specifice mari.
6	Coeficienți de transfer de căldură prin convecție cu valori ridicate datorită proprietăților termofizice mari în comparație cu hidrocarburile din fracțiile petroliere sau alți agenți termici.
7	Transportul prin conducte se face prin scăderea propriei presiuni. Nu necesită sisteme de pompare.
Dezavantaje	8 Nu poate fi stocat. Producerea și utilizarea aburului trebuie să fie cuplate tehnologic.
9	Presiunea de vaporii ridicată necesită temperaturi înalte pentru obținere.
10	În timpul transportului datorită pierderilor de căldură spre mediul înconjurător are tendința să-și degradeze calitatea în sensul transformării din abur suprăîncălzit în abur saturat uscat, iar din abur saturat uscat în abur umed.

Calitățile aburului au făcut ca el să fie utilizat într-o gamă foarte extinsă de situații.

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

Clasificarea utilizărilor aburului în industria chimică, respectiv în domeniul prelucrării tăcăușului și domeniul energetic poate fi sintetizată conform schemei prezentată în figura 2.1.

Datorită stărilor foarte diverse în care se poate găsi și datorită numărului mare de utilizări, în timp s-a impus un număr mare de termeni specifici diferențelor calități de abur.

Enumerarea acestor termeni și definirea lor este utilă în impunerea unei rigori inginerești în comunicarea informațiilor corecte.

În Tabelul 2.2 se prezintă clasificările consacrate pentru principalele tipuri de abur utilizat în practica industrială.

Tabelul 2.2 Tipuri de abur

Criteriul de clasificare	Tipul de abur	Principali parametrii de stare
Temperatura	Saturat Abur saturat	Umed $t = t_s \quad x \in (0,1)$
		Uscat $t = t_s \quad x=1$
	Abur supraîncălzit	$t > t_s$
Presiunea	Abur de joasă presiune	$P_s = 1-12 \text{ bar}; t = t_s - 300^\circ\text{C}$
	Abur de medie presiune	$P_s = 12-50 \text{ bar}; t = t_s - 450^\circ\text{C}$
	Abur de înaltă presiune	$P_s = 50-370 \text{ bar}; t = t_s - 650^\circ\text{C}$
Modul de obținere	Abur proaspăt (viu)	
	Abur uzat (mort, evacuat)	
	Abur prelevat (abur de priză)	
	Abur laminat	
	Abur deșeu	

În tabelul 2.2 diferențele tipuri de abur sunt caracterizate prin valorile parametrilor de stare:

- Temperatura t comparată cu temperatura de saturatie, t_s ,
- Titlul de vaporii, x , (fracție masică a vaporilor în amestec cu apa lichidă în condiții de echilibru),
- P_s – presiunea de saturatie.

Aburul se obține industrial prin încălzirea și vaporizarea apei la o anumită presiune.

Cu cât presiunea este mai mare cu atât și temperatura de fierbere a apei este mai ridicată.

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

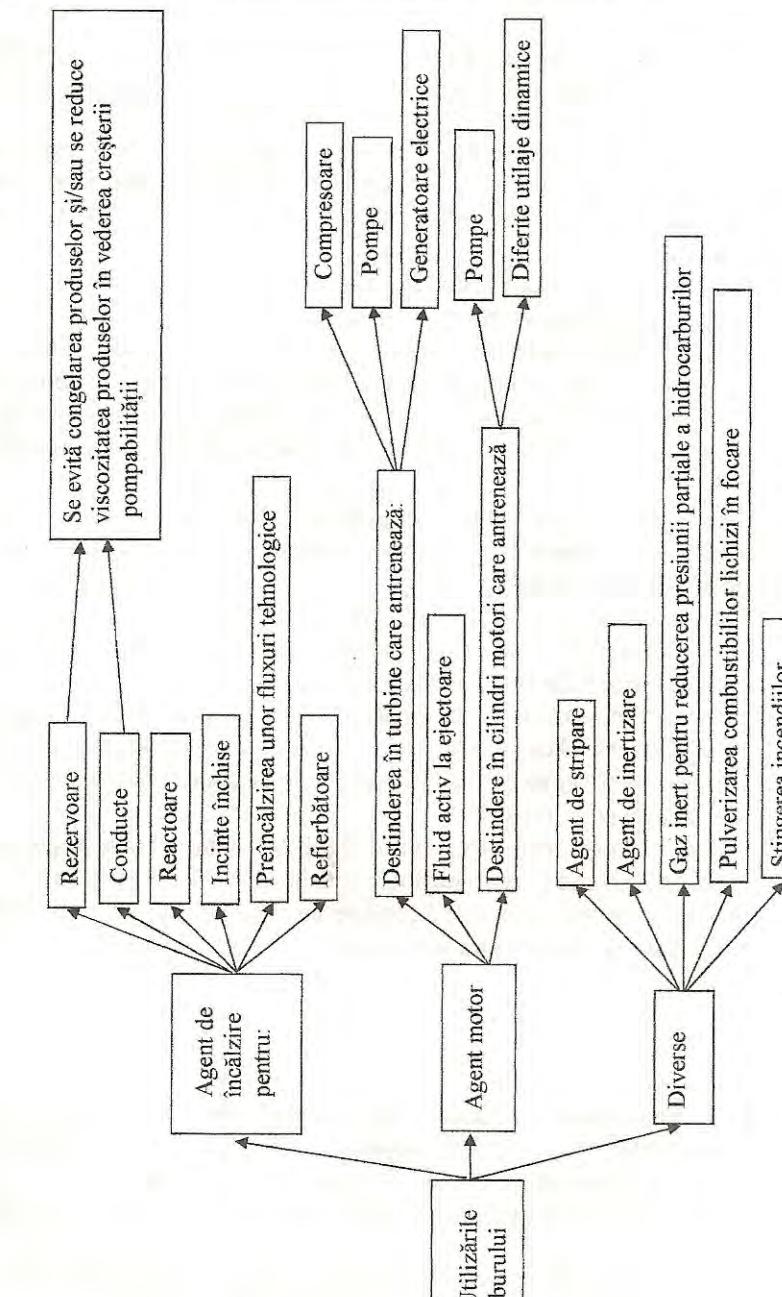


Figura 2.1 Principalele utilizări ale aburului

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

Aburul aflat la temperatura și presiunea corespunzătoare vaporizării se numește *abur saturat*. Dacă acesta se găsește în prezența apei lichide în stare de saturatie sistemul se numește *abur saturat umed*.

Apa lichidă din aburul saturat umed se poate găsi uniform distribuită în toată masa aburului sub formă de picături cu dimensiuni mai mari și mai mici sau poate forma o fază separată de apă lichidă aflată în prezența aburului saturat.

Aburul saturat uscat este aburul aflat în condiții de echilibru (temperatura și presiunea de saturatie) în absența apei lichide.

Aburul saturat uscat corespunde unei stări de echilibru aflate pe curba punctelor de rouă în diagramele termodinamice și se poate obține din abur saturat umed prin separare mecanică a apei lichide sau printr-un aport de căldură în sistem, aport care să reprezinte căldura latentă de vaporizare a apei lichide.

Aburul saturat uscat se mai poate obține și din abur supraîncălzit prin răcire până la temperatura de condensare corespunzătoare presiunii la care se găsește sistemul termodinamic.

Aburul saturat uscat se găsește într-o stare instabilă deoarece orice modificare a temperaturii sau presiunii din sistem îl deplasează în zona aburului saturat umed sau în zona aburului supraîncălzit.

În practica industrială se utilizează și o altă noțiune impropriu pentru aburul saturat uscat. Aceasta este *abur supersaturat uscat* și reprezintă aburul considerat în starea limită de trecere de la aburul saturat uscat, cu titlul $x=1$ și aburul supraîncălzit.

Aburul supraîncălzit este aburul care are temperatura superioară temperaturii de saturatie corespunzătoare presiunii la care se găsește.

Gradul de supraîncălzire se definește ca diferența dintre temperatura la care se găsește și temperatura de saturatie corespunzătoare presiunii din sistem.

$$\varphi_s = t - t_s, {}^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

Dacă temperatura aburului supraîncălzit este mai mică decât temperatura critică, $t < 374,15 {}^\circ\text{C}$, aburul se consideră în fază vaporii, iar dacă temperatura este mai mare decât temperatura critică, $t > 374,15 {}^\circ\text{C}$, aburul se consideră în fază gazoasă și comportarea lui tinde spre cea de gaz ideal.

În tabelul 2.2 clasificarea aburului din punct de vedere al presiunii este definită prin trei intervale de valori adoptate prin convenție.

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

Fiecare dintre cele trei categorii poate fi clasificată din punct de vedere al temperaturii în abur saturat și abur supraîncăldzit.

Aburul de joasă presiune supraîncăldzit poate fi utilizat pentru destinderea în turbine de putere mică și în cilindrii motori ai mașinilor cu piston, încă des întâlnite la pomparea produselor petroliere grele.

Din punct de vedere al eficienței utilizării energiei nu se recomandă utilizarea acestui tip de abur pentru destindere, mult mai eficient fiind aburul de medie și înaltă presiune.

Aburul saturat de joasă presiune este utilizat preponderent pentru încălziri, practic în toate variantele prezentate în figura 2.1.

Aburul de medie și înaltă presiune este utilizat în special la antrenarea turbinelor de mare capacitate (zeci până la sute de MW) care antrenează compresoare de mare capacitate sau generatoare electrice în Centralele Electrice și de Termoficare (CET).

După modul de obținere, în Tabelul 2.2 sunt prezentate cinci tipuri de abur:

- *ABUR PROASPĂT (VIU)*, este aburul obținut dintr-un generator și încă nu este utilizat într-un proces tehnologic;
- *ABUR UZAT (mort, evacuat)* reprezintă aburul rezultat în urma unui proces de destindere sau încălzire;
- *ABUR PRELEVAT (abur de priză)* este în general aburul destinat utilizării ca agent de încălzire sau altor diverse utilizări și provine din abur motor care se destinde într-o turbină. Sistemul este întâlnit în special în centralele electrice și de termoficare (CET) dotate cu turbine în care aburul cu parametrii foarte ridicăți se destinde la presiuni scăzute.

Pentru a obține abur la anumite valori ale parametrilor de stare, plasate între valorile parametrilor de intrare și cele de ieșire, turbinele pot fi dotate cu prize reglabile (echipate cu reglatoare de presiune) sau cu prize nereglabile.

Presiunea aburului prelevat poate fi menținută constantă în turbinele dotate cu prize reglabile (echipate cu reglatoare de presiune) sau se modifică odată cu modificarea sarcinii turbinei la cele cu prize nereglabile.

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

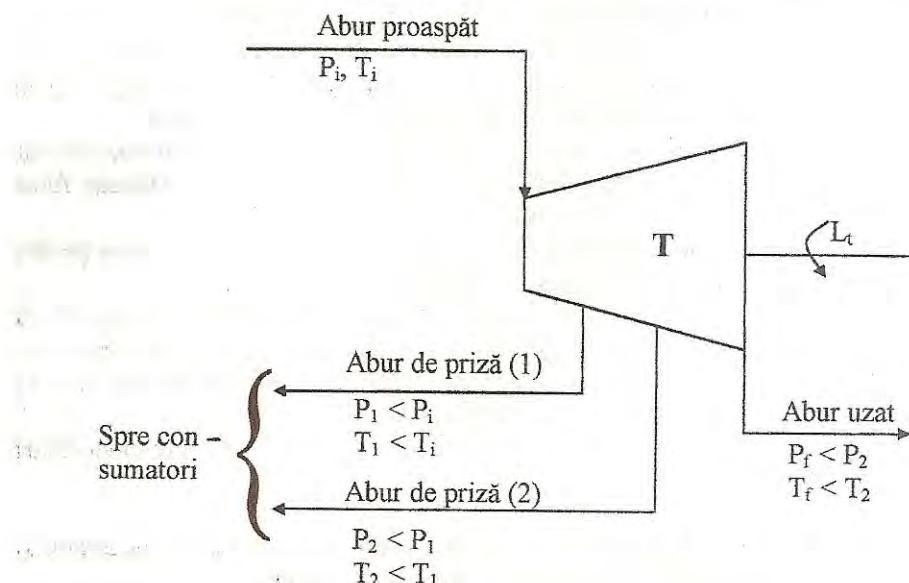


Figura 2.2 Schema de principiu a unei turbine prevăzute cu două prize de abur prelevat

Posibilitatea prelevării aburului din turbine este foarte avantajoasă din punct de vedere al flexibilității utilizării aburului ca agent de încălzire și ca agent motor, existând posibilitatea să se modifice ponderea celor două utilizări în funcție de cerere.

În figura 2.2 este prezentată schema de principiu pentru o turbină care produce la ax lucru mecanic, L_t și din care se preleveză două categorii de abur de priză.

- **ABUR LAMINAT** este aburul obținut la o anumită presiune dintr-un abur cu presiune mai mare prin laminare teoretic izentalpică și adiabatică. Din punct de vedere energetic producerea aburului laminat nu este recomandabilă deoarece se produce o degradare a unui abur cu parametrii ridicati.

Justificarea utilizării aburului laminat este dată de existența anumitor consumatori cu cerințe stricte legate de calitatea aburului și de disponerea doar de abur cu parametrii mai ridicati decât cei necesari consumului.

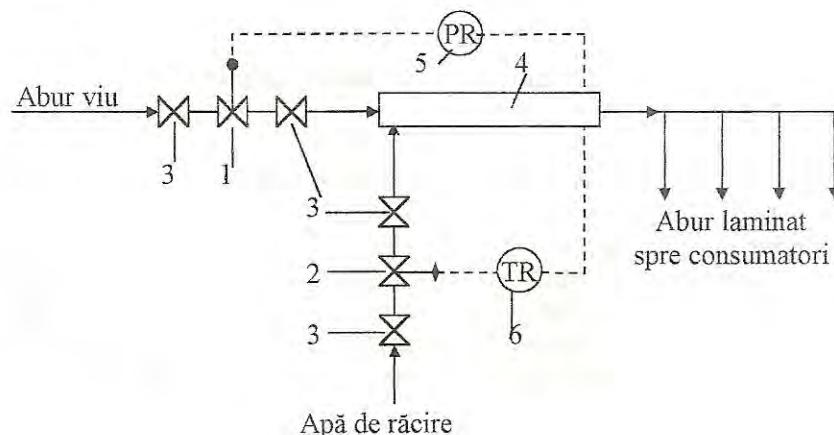
TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

Figura 2.3 conține schema de principiu a unei stații de reducere – răcire destinată obținerii de abur laminat, cu anumiți parametri impuși, dintr-un abur viu cu parametri mai ridicați.

Robinetele de laminare sunt în diverse variante constructive care permit reducerea presiunii în trepte.

Dacă se dorește obținerea în paralel a mai multor calități de abur laminat sau dacă debitul de abur ce trebuie laminat depășește cantitatea maximă a unui reductor (aproximativ 3 t/h) se pot monta mai multe robinete de laminare în paralel.

În cazul în care raportul presiunilor de intrare – ieșire depășește valori de ordinul 15-20 este necesar să se monteze mai multe robinete de laminare în serie.



1. Robinet de laminare abur;
2. Robinet de reglare debit apă de răcire;
3. Robinete mecanice de izolare;
4. Cameră de amestec;
5. Reglator de presiune;
6. Reglator de temperatură.

Figura 2.3 Schema unei instalații de reducere - răcire

În tabelul 2.2 apare și categoria *abur deșeu*, care rezultă în numeroase procese tehnologice ca produs secundar neutilizabil, care pune probleme

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

bazate de îndepărțarea din instalație și evitarea poluării mediului înconjurător.

De exemplu, într-o rafinărie, în instalația de coxsare întârziată se obțin cantități semnificative de abur deșeu la răcirea și striparea masei de cocs din camerele de coxsare, înainte de forarea și tăierea hidraulică.

De asemenea, în instalațiile în care mai există răcitoare cu apă, tip cădă cu serpentină scufundată, rezultă cantități însemnante de abur deșeu prin vaporizare la suprafață.

În general, dacă pierderile sunt semnificative din punct de vedere economic se pot concepe sisteme de recuperare a condensului provenit din aburul deșeu.

2.1 Caracterizarea sistemelor apă-abur

Datorită multiplelor aplicații, în diferite domenii, sistemul apă-abur este agentul termoenergetic cel mai studiat și riguros caracterizat.

Valorile parametrilor de stare și ale parametrilor de proces trebuie să fie cunoscute cu exactitate pentru a putea proiecta și opera sistemele termoenergetice în condiții optime din punct de vedere tehnico-economic.

Proprietățile termoenergetice ale sistemului apă-abur sunt accesibile în trei variante, acestea punând în evidență anumite aspecte particulare.

Prima variantă este cea a relațiilor de calcul pentru proprietățile termofizice.

Principalul avantaj al acestei variante este acela că permite utilizarea ușoară în programele de calcul. Exactitatea calculelor folosind relațiile analitice este cea a preciziei relațiilor de recurență deduse pe baza valorilor experimentale.

A doua variantă prin care se pot obține valorile parametrilor de stare ale sistemelor apă-abur este cea a *tabelelor termodinamice*, accesibile în numeroase lucrări de specialitate. Avantajul tabelelor este acela că ele pot cuprinde valori experimentale sau valori obținute în urma prelucrării primare a datelor experimentale. Un alt avantaj al utilizării tabelelor termo-dinamice este acela al comodității obținerii valorilor anumitor parametri cu o precizie suficient de ridicată.

TERMOENERGETICA PRELUCRĂRII PETROLULUI

A treia variantă de obținere a parametrilor de stare ai sistemului apă-abur și de evidențiere a transformărilor pe care le parcurge sistemul este cea a *diagramelor termodinamice*.

Dezavantajoase prin imprecizia citirilor subiective pe grafice, diagramele termodinamice prezintă marele avantaj al surprinderii comportamentului sistemului apă-abur în timpul transformărilor termodinamice.

Deoarece relațiile de calcul pentru proprietățile termofizice și tabelele termodinamice specifice sistemului apă-abur sunt accesibile în numeroase lucrări de specialitate, în continuare vor fi prezentate în detaliu diagramele termodinamice.

De asemenea vor fi exemplificate și principalele transformări pe care le suferă sistemul apă-abur în aplicațiile industriale, cu reprezentările specifice în diagramele reprezentative.