

INSTALAȚIILE DE VENTILARE, ÎNCĂLZIRE ȘI CONDIȚIONARE A AERULUI LA AUTOVEHICULE

1. NOȚIUNI PRELIMINARE

În ultimii ani, odată cu tendința de reducere a costurilor, a greutății și a creșterii siguranței în funcționarea autovehiculelor, a crescut și interesul pentru optimizarea confortului în autovehicule. Autovehiculele au evoluat de la construcții simpliste spre mașini moderne cu tehnologii de ultimă oră, organizate pe criterii funcționale și estetice, care să le asigure ocupanților vehiculului ergonomie, siguranță și confort.

În ultimul deceniu, tot mai multe persoane sunt dependente de mijloacele de transport, în special de autovehicule. Din acest motiv este important să se asigure un nivel optim de confort în interiorul autovehiculelor. Arhitecții și constructorii dezvoltă și implementează în permanență soluții noi, cu rezultate performante, care să îmbunătățească confortul în interiorul autovehiculului, decoratorii aduc elemente noi în estetică și design-ul autovehiculului, iar ergonomia se perfecționează continuu, scopul tuturor fiind crearea unei ambianțe confortabile, pentru ocupanții autovehiculului.

1.1. Analiza confortului termic în autovehicule

Confortul termic reprezintă senzația subiectivă de echilibru termic ce apare în corpul uman atunci când parametrii de confort termic din autovehicul – temperatura aerului, umiditatea aerului, temperatura medie radiată de elementele înconjurătoare, viteza aerului, nivelul activității umane și nivelul de izolare termică a învelișului – se situează într-un interval de valori bine definit.

Confortul termic optim este stabilit în gama de temperatură de 21...23°C și se obține ca rezultat al temperaturii aerului interior, a temperaturii medii radiate de elementele înconjurătoare, a umidității interioare și a vitezei de mișcare a aerului. Toate acestea trebuie să fie în concordanță cu natura activității și nivelul de înveliș mental al ocupanților, cu evitarea situațiilor în care ocupanții vin în contact cu suprafețe prea reci sau prea calde și cu evitarea curenților de aer. Aceste cerințe trebuie îndeplinite de-a lungul întregului an, atât în condiții de iarnă, cât și în condiții de vară.

Pentru obținerea nivelului optim de confort termic trebuie să se îndeplinească următoarele cerințe:

- să existe confort termic la nivel local;
- corpul uman să fie în echilibru termic;
- rata de respirație să fie în limitele confortului termic individual;
- temperatura medie la suprafața pielii să fie în limitele de confort termic.

Există cinci situații în care se generează disconfortul termic local:

- radiație termică asimetrică;
- diferențe de temperatură pe verticală;
- diferențe de temperatură pe orizontală, în special la nivelul podelei;
- fluctuațiile de temperatură din interiorul autovehiculului;
- contactul cu suprafețe interioare prea reci sau prea calde.

Chiar dacă noțiunea de confort termic este subiectivă, acesta variind de la om la om în funcție de vârstă, sex, înveliș mental și anotimp, se poate face o generalizare asupra parametrilor care determină confortul termic:

- Parametrii de mediu:
 - temperatura aerului;
 - viteza aerului;

- temperatura medie radiat de elementele interioare înconjurătoare;
- umiditatea aerului;
- Parametrii individuali:
 - nivelul de activitate;
 - nivelul de izolare termică a îmbrăcăminte.

În prezent, estimarea confortului termic se realizează prin măsurarea fiecărui parametru de confort termic. Există două mari categorii de evaluare a confortului termic: scările de evaluare și modelele de confort termic.

Scările de evaluare a confortului termic se bazează pe metode subiective, aprecieri și opinii personale ale indivizilor implicați în aprecierea confortului termic.

Prima scară de evaluare a confortului termic a fost dezvoltată de Yaglou în 1927 și era compusă din cinci indici de evaluare. Ulterior, în anul 1930, Bedford a dezvoltat o scară cu apte indici de evaluare și a fost cea mai utilizată în Marea Britanie (fig.10.1).

| Exagerat de rece | Foarte rece | Rece | Confortabil | Căldur confortabil | Foarte cald | Exagerat de cald |
|------------------|-------------|------|-------------|--------------------|-------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Fig.10.1

În anul 1971, Rohles a dezvoltat o scară de evaluare a senzației termice numită scala ASHRAE, având tot apte indici de evaluare (fig.10.2.). Valorile numerice din această scară au fost modificate în comparație cu scara dezvoltată de Bedford, fiind cuprinse în gama -3...+3. Această modificare a fost realizată cu scopul simplificării modului de utilizare, de a avea o simetrie față de zero, astfel încât valorile negative corespund părții rece, iar valorile pozitive părții de cald. Scara ASHRAE a fost introdusă în anul 1992 în standardul ASHRAE 55 și este utilizată și în prezent.

| Foarte rece | Rece | Rece | Neutră | Căldură | Cald | Foarte cald |
|-------------|------|------|--------|---------|------|-------------|
| 3 | 2 | 1 | 0 | +1 | +2 | +3 |

Fig.10.2

Condițiile mediului în care corpul uman realizează echilibrul termic (fără efort) sunt denumite **condiții de confort**. Principalele condiții de confort sunt următoarele:

- temperatura interioară a autovehiculului;
- viteza aerului în interiorul autovehiculului;
- umiditatea relativă a aerului interior;
- calitatea aerului interior.

Condițiile enumerate anterior sunt, în același timp, și principalii parametri ai aerului în interiorul autovehiculului. În figura 10.3 este prezentat o schemă generală a acestor parametri.

1.2. Interdependențe între parametrii confortului termic

Între parametrii confortului termic au fost stabilite, pe cale experimentală, o serie de interdependențe care delimitează **zonele de confort termic**. Astfel, în figura 10.4 se prezintă dependența dintre temperatura aerului și umiditatea relativă a acestuia, după Lancaster-Castens și Ruge. Se poate remarca faptul că trebuie evitată ridicarea temperaturii aerului interior (din habitacul), atunci când umiditatea relativă este ridicată.

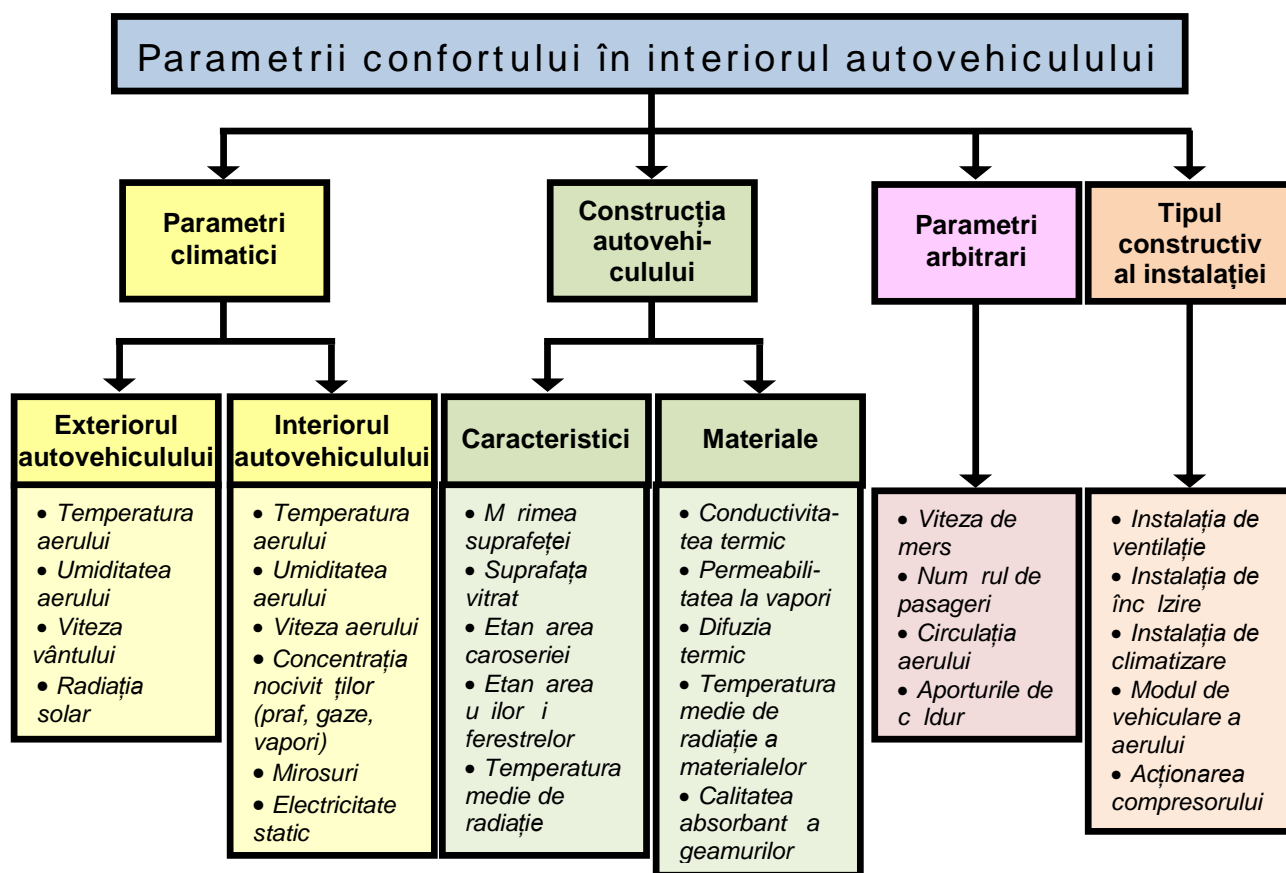


Fig.10.3

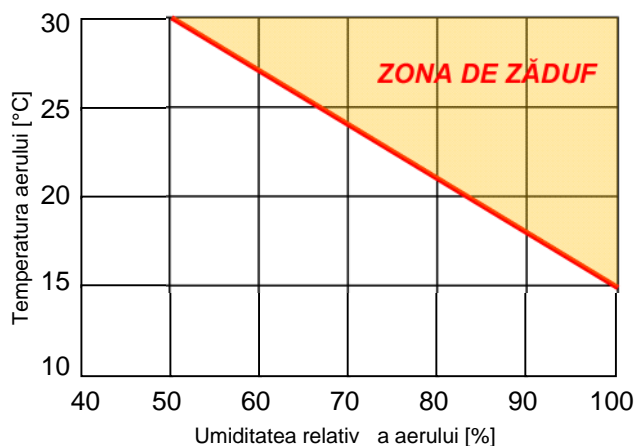


Fig.10.4

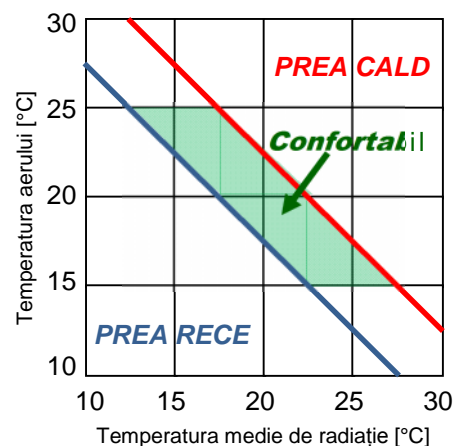


Fig.10.5

În figura 10.5 este prezentată modificarea temperaturii aerului în funcție de temperatura medie de radiație, după Nielsen și Petersen. Se recomandă ca temperatura aerului interior să se afle în limitele 15...25°C, pentru a se asigura senzația de confort.

În figurile 10.6 și 10.7 este prezentat modul în care se intercondiționează temperatura și viteza aerului. Pentru a se evita senzația de curent, se recomandă ca viteza aerului să nu depășească 0,3 m/s. Se acceptă ca – la temperatura de 22°C – viteza aerului să fie de 0,4 m/s.

Studiile efectuate în domeniul confortului termic au stabilit că, pentru asigurarea senzației de confort pe timpul verii, temperatura să fie cuprinsă între 22 și 25°C, umiditatea relativă să se

mențin între 40 și 60%, iar viteza aerului în habitacul să nu depășească 0,4 m/s. Cantitatea de aer care ptrunde din exterior nu trebuie să fie mai mică de 30 m³/h, pentru a se evita senzația de oboseală și de greață, precum și a durerilor de cap cauzate de lipsa de oxigen.

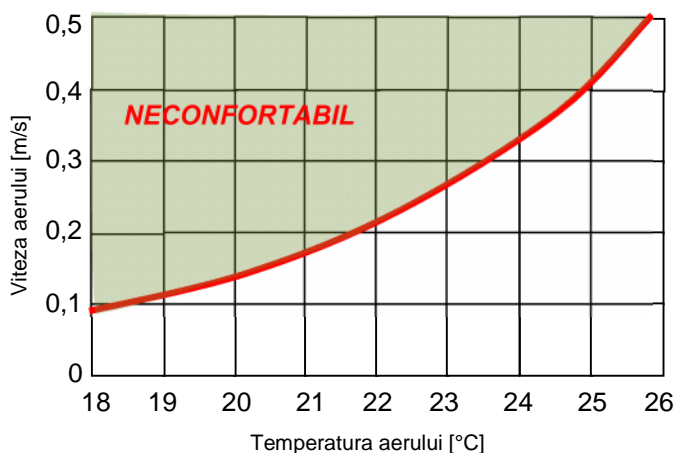


Fig.10.6

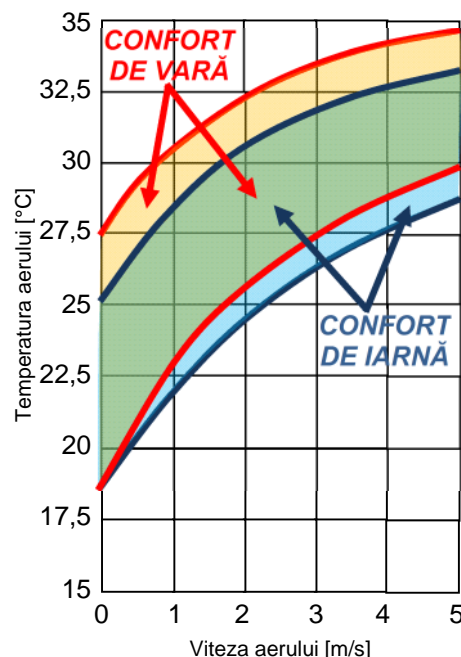


Fig.10.7

2. INSTALAȚII DE VENTILAȚIE

Instalațiile de ventilație au rolul – în special, pe timp de vară – să limiteze creșterea temperaturii sau a umidității relative a aerului interior. În funcție de modul de circulație a aerului, aceste instalații pot fi:

- instalații de ventilație naturală :
 - neorganizată ;
 - organizată ;
- instalații de ventilație mecanică .

Ventilarea naturală neorganizată se realizează datorită diferenței de temperatură dintre aerul interior și cel exterior, precum și datorită acțiunii vântului. Acești factori naturali creează diferența de presiune care asigură intrarea în habitacul a aerului proaspăt și evacuarea celui viciat. În habitacul, există o ventilație naturală neorganizată, datorată infiltrației aerului prin rosturile ferestrelor, ușilor și pereților.

Orientativ, se consideră că – prin ventilarea naturală neorganizată – se produce o înprospătare a aerului din interior cu 1...5% din volumul habitaculului, la o diferență de temperatură de 1°C.

Ventilarea naturală organizată are loc atunci când – pentru realizarea schimbului natural, sunt prevăzute dispozitive speciale, precum: guri de aspirație; guri de evacuare; canale; clapete de direcționare; clapete de obturare etc.

Ventilarea mecanică necesită vehicularea aerului cu ajutorul unui ventilator. În figura 10.8 este prezentată schema unei instalații de ventilație mecanică, cu recirculare și aspirație, care poate funcționa în oricare din următoarele 3 regimuri:

- cu aer amestecat (amestec de aer interior și aer exterior);
- cu aer proaspăt;
- cu aer recirculat.

Bateria de încălzire *BI* este un schimbător de căldură care funcționează cu lichidul cald din instalația de circulație a motorului. Gurile de introducere și de evacuare a aerului trebuie încadrate în arhitectura autovehiculului și trebuie să includă elemente care să asigure modificarea direcției și a debitului de aer.

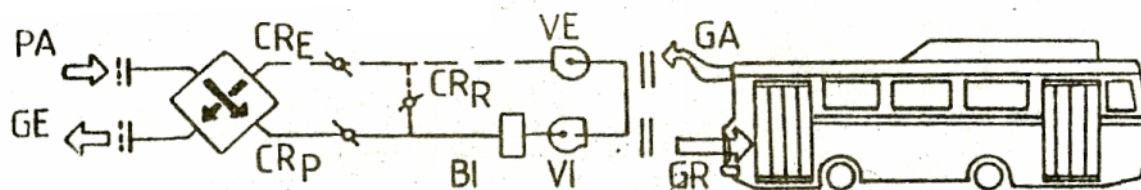


Fig.10.8

PA – priza de aer proaspăt; GE – gura de evacuare a aerului viciat; CR_E – clapet de reglare pe canalul de aer evacuat; CR_P – clapet de reglare pe canalul de aer proaspăt; CR_R – clapet de reglare pe canalul de aer recirculat; BI – baterie de încălzire; VE – ventilator de evacuare; VI – ventilator de introducere; GR – gura de introducere aer proaspăt; GA – gura de absorbție.

3. INSTALAȚII DE ÎNCĂLZIRE

Instalațiile de încălzire au rolul ca – în special, pe timp de iarnă – să limiteze minimum scăderea temperaturii în habitacul autovehiculului.

Instalațiile de încălzire folosesc, de regulă, ca agent de încălzire, lichidul de răcire a motorului și un anumit număr de schimbătoare de căldură. Circulația lichidului se realizează pe principiul termosifonului, iar pentru accelerarea schimbului de căldură se folosesc ventilatoare de vehiculare a aerului.

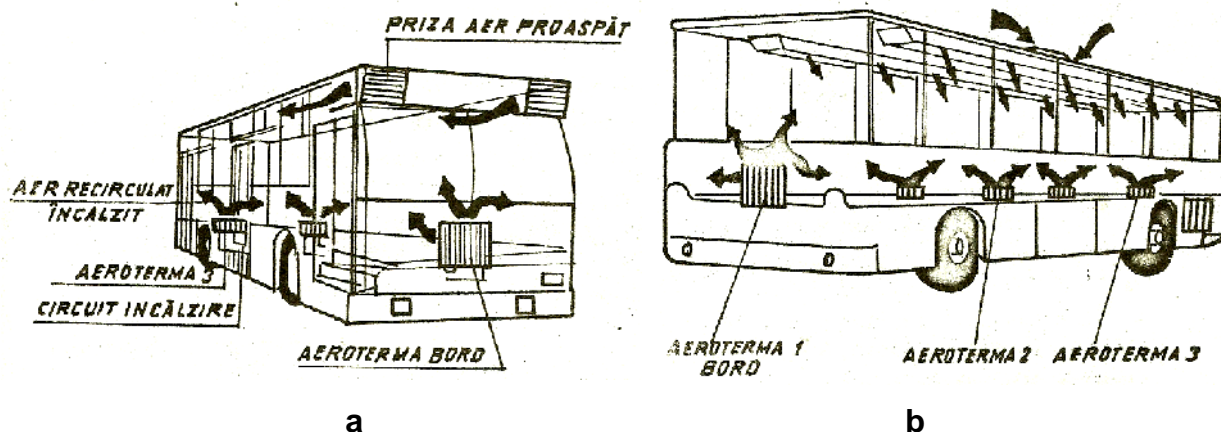


Fig.10.9

În figura 10.9 sunt ilustrate schemele instalațiilor de încălzire ale unor autobuze. În ambele cazuri, agentul de încălzire îl constituie lichidul de răcire a motorului.

Încălzirea salonului autobuzului din figura 10.9.a este asigurată de două aeroterme de salon (plasate în părțile laterale) și o aerotermă de bord. Pe lângă încălzirea postului de conducere, aeroterma de bord asigură și degivrarea parbrizului. Salonul mai are asigurată o ventilație naturală, organizată prin prizele de aer proaspăt (practicate pe partea superioară a frontului) și prin geamurile laterale culisante. Pentru ventilație, pot fi utilizate și aerotermele, prin obturarea circuitului de răcire a motorului.

În cazul autobuzului din figura 10.9.b, încălzirea salonului se realizează prin intermediul a patru aeroterme de salon (amplasate în partea laterală stângă a autobuzului) și a unei aeroterme de bord. Tot pentru încălzirea salonului se mai utilizează un agregat suplimentar (fig.10.10).

Agregatul suplimentar de încălzire este montat în compartimentul de bagaje, este racordat la instalația de încălzire a autobuzului și este alimentat cu motorină din rezervorul suplimentar.

Ventilația autobuzului reprezentată în figura 10.9.b poate fi naturală sau forțată. Ventilația naturală se face prin geamurile laterale culisante. Ventilația forțată se face cu ajutorul a patru

ventilatoare ce absorb aerul proaspăt, dirijându-l – prin cele două tunele longitudinale din plafon – spre salon. Aerul este distribuit prin intermediul unor duze rotative, amplasate în dreptul scaunelor.

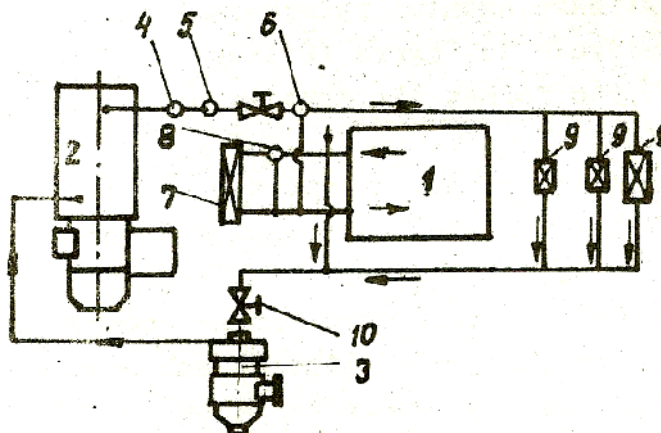


Fig.10.10

1 – motorul autobuzului; 2 – agregatul suplimentar de încălzire; 3 – pompă independentă de circulație; 4 – termostat de siguranță; 5 – termostat de circulație (cuplat-decuplat); 6 – robinet cu trei căi; 7 – radiator; 8 – termostat; 9 – radiatoare; 10 – robinet de închidere.

4. INSTALAȚII DE CONDIȚIONARE A AERULUI

Sistemele de încălzire și climatizare ne asigură confortul în autoturism pe tot parcursul anului. Instalația de încălzire a apărut pentru prima oară pe vehicule în anul 1917, în Statele Unite ale Americii. Așa cum a fost menționat anterior, dispozitivele de încălzire clasice realizează încălzirea habitaculului cu ajutorul căldurii unui calorifer, tranzitat de lichidul de răcire a motorului. Aerul cald rezultat este împins de către un ventilator prin orificiile speciale de ventilație din interiorul mașinii. Pentru răcirea habitaculului nu există o instalație specializată, aerul din exterior fiind introdus în habitacul cu ajutorul ventilatorului, sistemul devenind inefficient la temperaturi peste 24 grade Celsius.

Au fost necesare mai multe decenii pentru ca, în 1955, să apară primele instalații de climatizare. Prin utilizarea climatizării, putem circula cu geamurile închise, astfel, accesul zgomotelor și mirosurilor din exterior este diminuat, păstrându-se o temperatură ideală și un aer sănătos. Sistemul de climatizare deumidifică aerul și dezaburește geamurile, beneficiind și de aportul funcției de recirculare. În general, se întâlnesc două categorii principale:

- instalații de aer condiționat manuale;
- instalații de aer condiționat automate.

Sistemul clasic de aer condiționat cuprinde un ansamblu de dispozitive, ce furnizează aer rece la comandă, nivelul de temperatură fiind reglat manual. Unele dispozitive de aer condiționat manuale oferă și funcția de recirculare a aerului, printr-un flaps (comandat mecanic, electric sau vacuumatic) ce împiedică aerul de afară să intre în habitacul.

Instalația de aer condiționat cu reglare automată (denumită și *climatizare automată*) reprezintă un progres semnificativ față de sistemul clasic. Aceasta menține constant temperatura selectată, prin intermediul unor senzori de temperatură și umiditate, plasați în puncte cheie din habitacul, eliminându-se astfel necesitatea intervenției șoferului în timpul condusului. Procedura implică selectarea valorii de temperatură dorite și activarea butonului "AUTO". Sistemul prelucrează informațiile de la senzori și, controlat de un minicomputer, stabilește funcționarea ventilatorului și debitul de aer (cald sau rece) necesar pentru menținerea temperaturii solicitate. În funcție de clasa din care face parte autovehiculul, aerul condiționat poate fi și semiautomat sau cu posibilitatea reglării temperaturii pe mai multe zone, astfel încât șoferul și pasagerii să pot regla separat temperatura dorită.

4.1. Construcția instalațiilor de condiționare a aerului

Instalațiile de condiționare a aerului, denumite și *instalații de climatizare*, au rolul de a asigura condițiile interioare de temperatură și umiditate impuse de considerentele de confort, indiferent de parametrii climatici exteriori.

Realizarea parametrilor aerului la valorile dorite se obține prin tratarea aerului, care presupune un lanț de procese de amestecare, încălzire și umidificare. În figurile 10.11 și 10.12 sunt prezentate schemele de principiu ale instalației de condiționare.

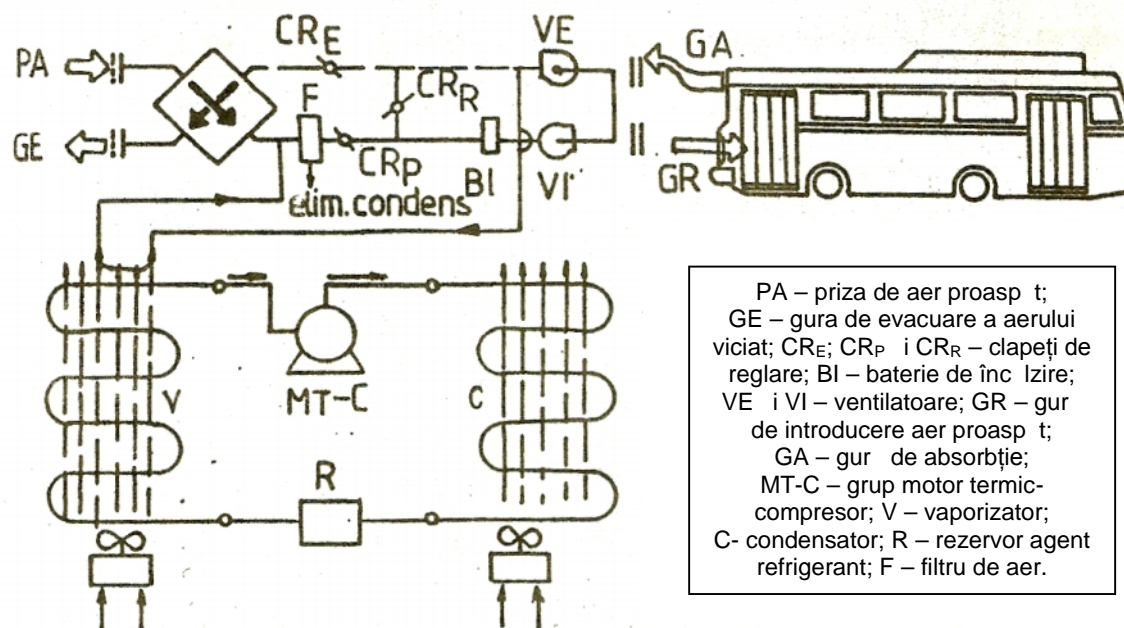


Fig.10.11

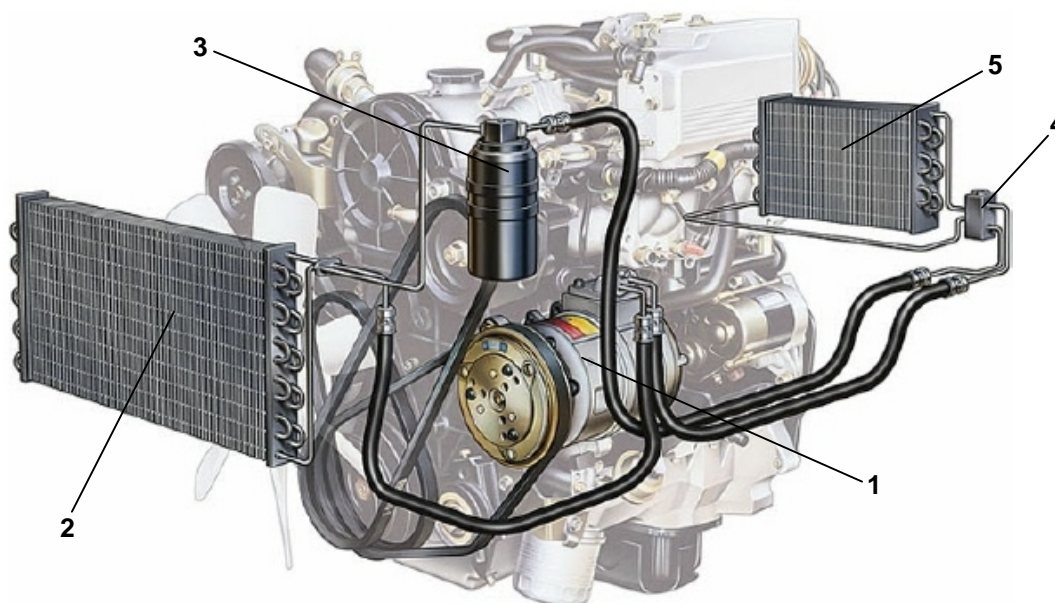


Fig.10.12

1 – compresor; 2 – condensator; 3 – rezervor dezhidrant; 4 – detentor; 5 – vaporizator.

Astfel, în schema din figura 10.11, principalele componente ale instalației sunt următoarele:

- grupul motor termic-compresor *MT-C*, care pune în circulație agentul refrigerant;
- grupul vaporizator-condensator *V* și *C*, care sunt, practic, două schimbătoare de căldură;
- rezervorul *R* pentru agentul refrigerant;
- filtrul de habitacul (de polen) *F*;
- instalația de ventilație mecanică (cu configurația identică cu cea din fig.10.8);
- elemente de reglaj, protecție, acționare, control și reducere zgomot.

În cazul schemei din figura 10.12, compresorul 1 este antrenat chiar de motorul autovehiculului, printr-o transmisie cu curele, iar debitul de agent prin vaporizator este reglat cu ajutorul supapei de expansiune (detentorului) 4.

4.2. Funcționarea instalațiilor de condiționare a aerului

Principiul de funcționare al instalației de climatizare se bazează pe fenomenul de absorbție de căldură la trecerea unui gaz de la presiune mare, la presiune mică. Fluidul refrigerant absoarbe căldura prin trecerea din starea lichidă în starea gazoasă și eliberează căldură la trecerea din starea gazoasă în starea lichidă.

Ciclul de refrigerare din instalațiile de condiționare poate fi explicat urmărind traseul agentului refrigerant din figurile 10.13 și 10.14.

Agentul refrigerant în stare lichidă, cu o presiune destul de ridicată, ajunge la supapa de expansiune care, dacă este deschisă, permite trecerea acestuia în vaporizator, zonă în care presiunea este mult mai redusă. Lichidul fierbe rapid, absorbind căldură de la aerul care circulă printre nervurile vaporizatorului.

Compresorul comprimă agentul refrigerant, aflat acum în stare gazoasă, mărindu-i presiunea și temperatura. Vaporii de înaltă presiune sunt trimiși în condensator, unde se realizează schimbul de căldură între vaporii cu temperatură ridicată și aerul de răcire care „spală” aripioarele condensatorului. Prin acest schimb de căldură, se reduce temperatura vaporilor și aceștia trec în faza lichidă de presiune ridicată. Lichidul refrigerant de presiune ridicată este colectat în rezervor, de unde ajunge din nou la supapa de expansiune și ciclul se reia.

La început, **agentul refrigerant** folosit era R12 (freon), nociv pentru stratul de ozon. Instalațiile moderne au renunțat la R12, fiind înlocuit cu un agent mai ecologic, R-134a. Pentru ca instalația să funcționeze, este necesar ca agentul de răcire să fie menținut sub presiune.

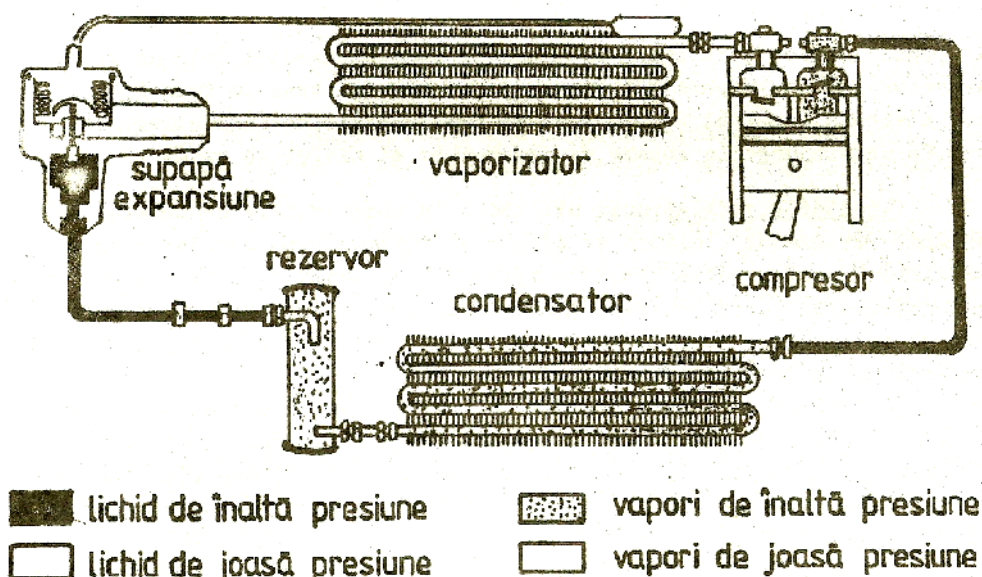


Fig.10.13

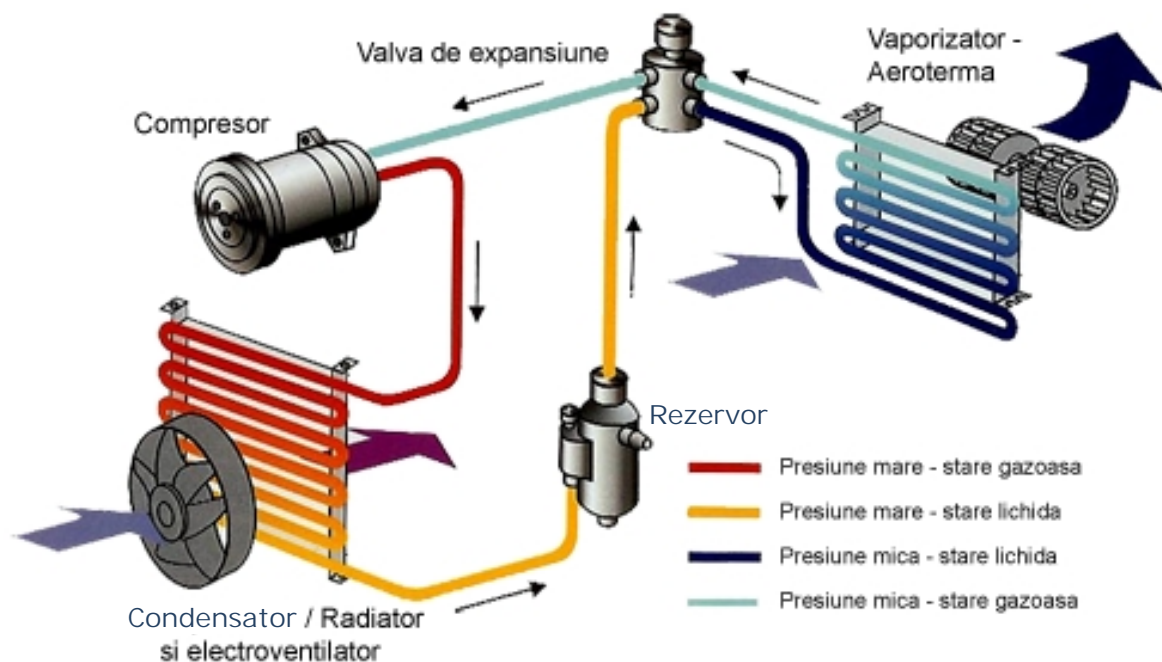


Fig.10.14

4.3. Componentele instalațiilor de condiționare a aerului

4.3.1. Compresorul

Compresorul are rolul de a comprima și de a vehicula agentul de răcire prin instalație. Circulația continuă a agentului refrigerant prin instalație se realizează prin conducte speciale, ce fac legătura între elementele componente.

Antrenarea compresorului poate fi realizată în două moduri:

- antrenarea compresorului de către motorul autovehiculului, cu ajutorul curelelor trapezoidale (fig.10.12) sau al unui cuplaj electromagnetic. Această antrenare prezintă avantajul unui gabarit mai mic și al unei mase mai reduse, dar și unele dezavantaje, precum: necesitatea unui motor de putere mai mare al autovehiculului și un consum sporit de combustibil pe timpul staționării;
- antrenarea compresorului de către un motor termic special destinat acestui scop. Antrenarea poate fi directă sau prin intermediul unui cuplaj electromagnetic. Motorul termic suplimentar antrenează și un generator de curent continuu, care alimentează elementele instalației de condiționare a aerului.

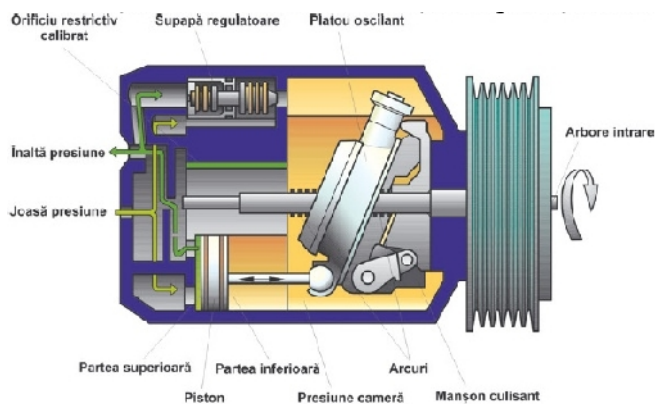
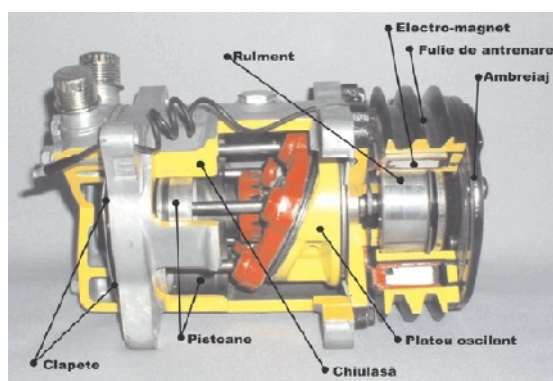


Fig.10.15

De regulă, compresorul (fig.10.15) este de tip rotativ cu pistoane, fiind montat în compartimentul motor. În cazul antrenării de către motorul autovehiculului, pentru a nu funcționa în permanentă (deoarece fulia compresorului este în permanentă rotită de către motor), pornirea compresorului se face electric, cuplând printr-un ambreiaj comandat electric fulia de compresor. Decuplarea se face decuplând electric același ambreiaj, permițând fuliei să se miște liber pe ax. Agentul refrigerant are în compoziția sa un ulei care ajută la ungerea componentelor în mișcare ale compresorului, pentru a asigura o durată lungă de viață a acestuia.

4.3.2. Condensatorul

Condensatorul este un schimbător de căldură și este montat, de obicei, împreună cu radiatorul mașinii (fig.10.16). Are rolul de a lichifica vaporii de agent refrigerant refuzați de compresor.

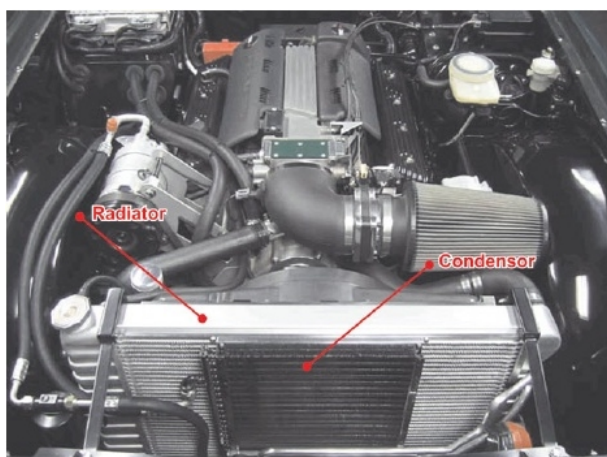


Fig.10.16



Fig.10.17

4.3.3. Vaporizatorul

Vaporizatorul (fig.10.17), denumit și *evaporator*, este localizat sub planșă de bord, având rolul de a răci și usca aerul care îl traversează. De aceea, este normal să găsim apă sub mașină, atunci când vehiculul staționează. În vaporizator are loc schimbul de căldură astfel: aerul care trece prin vaporizator (împins de către ventilator) cedează căldură agentului de răcire. În acest fel, aerul se răcește, iar agentul refrigerant se încălzește și se evaporă. Aerul care iese din vaporizator este direcționat prin sistemele de ventilație către habitacul mașinii. Agentul de răcire iese din vaporizator sub formă gazoasă și își continuă traseul prin conducte, ajungând din nou la compresor.

4.3.4. Rezervorul de agent refrigerant

Rezervorul instalațiilor de climatizare (fig.10.18) are drept scop colectarea agentului refrigerant care iese din condensator. Este prevăzut cu un filtru dehidratant, iar conducta de legătură cu valva de expansiune este prevăzută cu o sită de reținere a eventualelor impurități.

Filtrul dehidratant (uscător) are un rol triplu în instalația de aer condiționat:

- filtrează fluidul refrigerant din instalație;
- reține umiditatea conținută în instalație;
- constituie un rezervor tampon de fluid refrigerant.

4.3.5. Valvula de expansiune

Valvula de expansiune (fig.10.19), cunoscută și sub denumirile de *supapă de destindere termostatică* sau *detentor*, reglează cantitatea de fluid care tranzitează mai departe instalația, ajungând în evaporator.

Valvula de expansiune, cu ajutorul căreia se realizează, este plasată în conducta de intrare în evaporator, la conexiunea cu linia de lichid. Printr-o îngustare a liniei de lichid refrigerant de înaltă presiune, se transformă curgerea de lichid în curgere de vapori de joasă presiune. Supapa de

expansiune și orificiul său sunt protejate de îmbălsărire cu ecrane filtrante atât la intrare, cât și la ieșire.

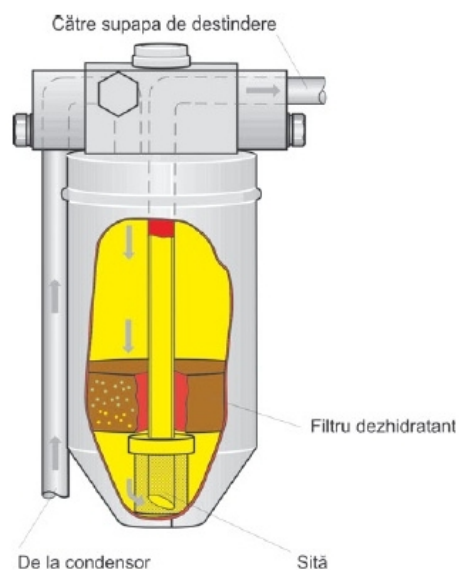


Fig.10.18

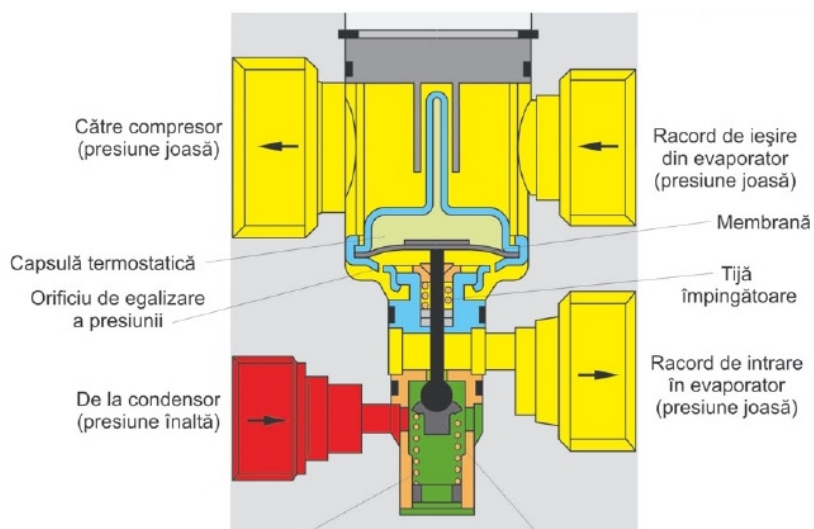


Fig.10.19

Când motorul e oprit cu sistemul A/C lucrând, agentul refrigerant va curge din partea de presiune înaltă a supapei de expansiune către partea de joasă presiune, până când se vor egaliza presiunile. Aceasta se poate constata datorită unui sunet estompat al curgerii lichidului (hârâit) pentru circa 30...60 secunde, în condiții normale.

4.3.6. Filtrul de polen

Filtrele de habitacul ale instalațiilor de aer condiționat sunt îndeobște cunoscute sub denumirea de *filtre de polen*. Filtrul de polen reține cea mai mare parte a impurităților (praf, fum, gaze și apăsăm, polen, cenușă etc.). Prin eliminarea acestor impurități, el îmbunătățește calitatea aerului și diminuează depunerile unsuroase de pe parbriz.

Filtrele de polen (fig.10.20) sunt de două tipuri: simple și cu carbon activ. Filtrele cu carbon activ îndeplinesc câteva funcții în plus față de cele simple. Ele au un randament cu până la 25% mai mare la filtrarea impurităților, un element important, împiedicând intrarea în habitacul a mirosurilor din exterior. Acest lucru se obține prin adăugarea în procesul de fabricație a unui strat de carbon activ, care, printr-un proces chimic, condensează gazele la suprafața acestuia și le neutralizează. Acest tip de filtre, cu carbon activ, sunt recomandate în mod special persoanelor alergice, ele reducând semnificativ riscul de a pătrunde în habitacul mașinii alergenii din mediu.



Fig.10.20

INFORMAȚII SUPLIMENTARE¹

I.1. AGENȚII REFRIGERANȚI

Pentru a permite funcționarea ciclică a instalațiilor frigorifice, a instalațiilor de climatizare și a pompelor de caldură, agenții termodinamici de lucru din acestea, preiau caldura prin vaporizare și cedează caldura prin condensare, la temperaturi scăzute sau apropiate de cele ale mediului ambiant, deci trebuie să fie caracterizate de unele proprietăți particulare, care îi deosebesc de agenții termodinamici din alte tipuri de instalații. Acesta este motivul pentru care agenții de lucru din aceste sisteme poartă denumirea de *agenți refrigeranți (frigorifici)*.

I.1.1. Proprietăți ale agenților refrigeranți

Proprietățile agenților refrigeranți sunt impuse de schema și de tipul instalației, precum și de nivelurile de temperatură ale celor două surse de caldură. Câteva dintre aceste proprietăți sunt următoarele:

- *presiunea de vaporizare* trebuie să fie apropiată de presiunea atmosferică și ușor superioară acesteia, pentru a nu apărea vidul în instalație;
- *presiunea de condensare* trebuie să fie cât mai redusă, pentru a nu apărea pierderi de agent frigorific și pentru a se realiza consumuri energetice mici în procesele de comprimare impuse de funcționarea acestor instalații;
- *caldura preluată* de un kilogram de agent, prin vaporizare, trebuie să fie cât mai mare, pentru a se asigura debite masice reduse;
- *caldura specifică în stare lichidă* trebuie să fie cât mai mică, pentru a nu apărea pierderi mari prin ireversibilități interne, în procesele de laminare adiabatică;
- *volumul specific al vaporilor* trebuie să fie cât mai redus, pentru a se obține dimensiuni de gabarit reduse ale compresoarelor;
- să nu prezinte *pericol de inflamabilitate, explozie și toxicitate*;
- să nu fie *poluanți* (este cunoscut faptul că unii agenți frigorifici clasici, anume, câteva tipuri de freoni, contribuie la distrugerea stratului de ozon al stratosferei terestre);
- să prezinte o contribuție cât mai scăzută la încălzirea globală (este cunoscut faptul că o serie de substanțe utilizate în tehnică, odată ajunse în atmosferă, contribuie la încălzirea globală a planetei, fenomen denumit *efect de seră*).

Pentru a nu se utiliza denumirile chimice complicate ale acestor substanțe, agenții frigorifici au fost denumiți **freoni**, sunt simbolizați prin majuscula **R**, (de la denumirea în limba engleză – „Refrigerant”) și li s-a asociat un număr determinat în funcție de compoziția chimică.

Unii dintre cei mai cunoscuți agenți frigorifici sunt prezentați în tabelul I.1, împreună cu temperatura normală de vaporizare și indicii transformării adiabatică. Se observă că acești agenți au proprietatea de a vaporiza (fierbe) la temperaturi scăzute, putând deci să absoarbă caldura, la temperaturi mai mici decât ale mediului ambiant.

I.1.2. Istoricul agenților refrigeranți

Istoricul agenților frigorifici începe în anul 1834, când americanul *Jacob Perkins* brevetează o mașină frigorifică, funcționând prin comprimare mecanică de vapori și utilizând ca agent frigorific *oxidul de etil*. Utilizarea unei asemenea mașini s-a dovedit rapid limitată de nivelul ridicat de inflamabilitate al acestui agent.

¹ Elementele prezentate în următoarele pagini au un caracter informativ, pentru completarea cunoștințelor referitoare la agenții refrigeranți.

Tabelul I.1

| Denumirea | Temperatura normal de vaporizare [°C] | Coeficientul adiabatic [°C] |
|-----------------|--|--------------------------------|
| Amoniac (R717) | - 33,35 | 1,30 |
| R12 | - 29,80 | 1,14 |
| R22 | - 40,84 | 1,16 |
| Clorur de metil | - 23,74 | 1,20 |
| R502 | - 45,60 | - |
| CO2 | - 78,52 | 1,30 |
| R134a | - 26,42 | 1.14 |

În 1876, *Carl von Linde*, datorită utilizării *amoniacului* ca agent frigorific, permite adevărata dezvoltare a instalațiilor frigorifice prin comprimare mecanică de vapori. În 1880, introducerea unui nou agent frigorific, *anhidrida carbonică*, reprezintă începutul utilizării instalațiilor frigorifice pentru încălzirea la bordul navelor a produselor alimentare.

În 1920, prin utilizarea *anhidridei sulfuroase* și a *clorurii de metil*, apar primele mașini frigorifice de uz casnic sau comercial. Începând din 1930, apar primele *hidrocarburi fluorurate* și *clorurate* (CFC). Datorită caracteristicilor foarte interesante din punct de vedere termodinamic și datorită marii lor stabilități atât termice, cât și chimice, utilizarea acestora va aduce o ameliorare considerabilă atât a fiabilității cât și a siguranței în funcționare a instalațiilor frigorifice cu comprimare mecanică. Așa se explică de ce, în comparație cu amoniacul și clorura de metil, aceste substanțe poartă denumirea de *agenți frigorifici de siguranță*.

În numeroase cazuri, pe lângă denumirea de freoni, agenții frigorifici pot fi întâlniți și sub diverse denumiri comerciale, care pentru același produs diferă de la țară la țară și de la un producător la altul. Freonul R12, de exemplu, este numit Forane 12 (denumirea comercială a Uzinei Kuhlmann din Franța), Flugene 12 (denumirea comercială a firmei Pechine Saint-Gobain din Franța), sau Genetron 12 (denumirea comercială a societății Allied Chemical din S.U.A.). În unele publicații științifice, chiar și denumirea de freoni, pentru desemnarea agenților frigorifici, este considerată comercială.

I.1.3. Compoziția chimică a freonilor

Din punct de vedere al compoziției chimice, freonii, care sunt hidrocarburi fluorurate, pot fi împărțiți în trei mari categorii (fig.I.2):

- **CFC (clorofluorocarburii)**, freonii clasici, care conțin Cl foarte instabil în moleculă;
- **HCFC (hidroclorofluorocarburii)**, freoni denumiți de tranziție, care conțin în moleculă și hidrogen, datorită căruia Cl este mult mai stabil și nu se descompune atât de ușor sub acțiunea radiațiilor ultraviolete;
- **HFC (hidrofluorocarburii)**, considerați freoni de substituție definitivă, care nu conțin de loc în moleculă atomi de Cl.

| CFC | | HCFC | | HFC | |
|-----|--------|------|----------|-----|----------|
| | | H | Hidrogen | H | Hidrogen |
| Cl | Clor | Cl | Clor | | |
| F | Fluor | F | Fluor | F | Fluor |
| C | Carbon | C | Carbon | C | Carbon |

Fig.I.1

Pe lângă cele trei categorii de agenți frigorifici menționate, există și agenți frigorifici naturali, între care amoniacul (NH_3), simbolizat și prin R717, este cel mai important și cel mai utilizat, datorită proprietăților sale termodinamice care îl fac cel mai performant agent frigorific din punct de vedere al transferului termic. În figura I.2 sunt prezentate câteva exemple de freoni uzuali din cele trei categorii.

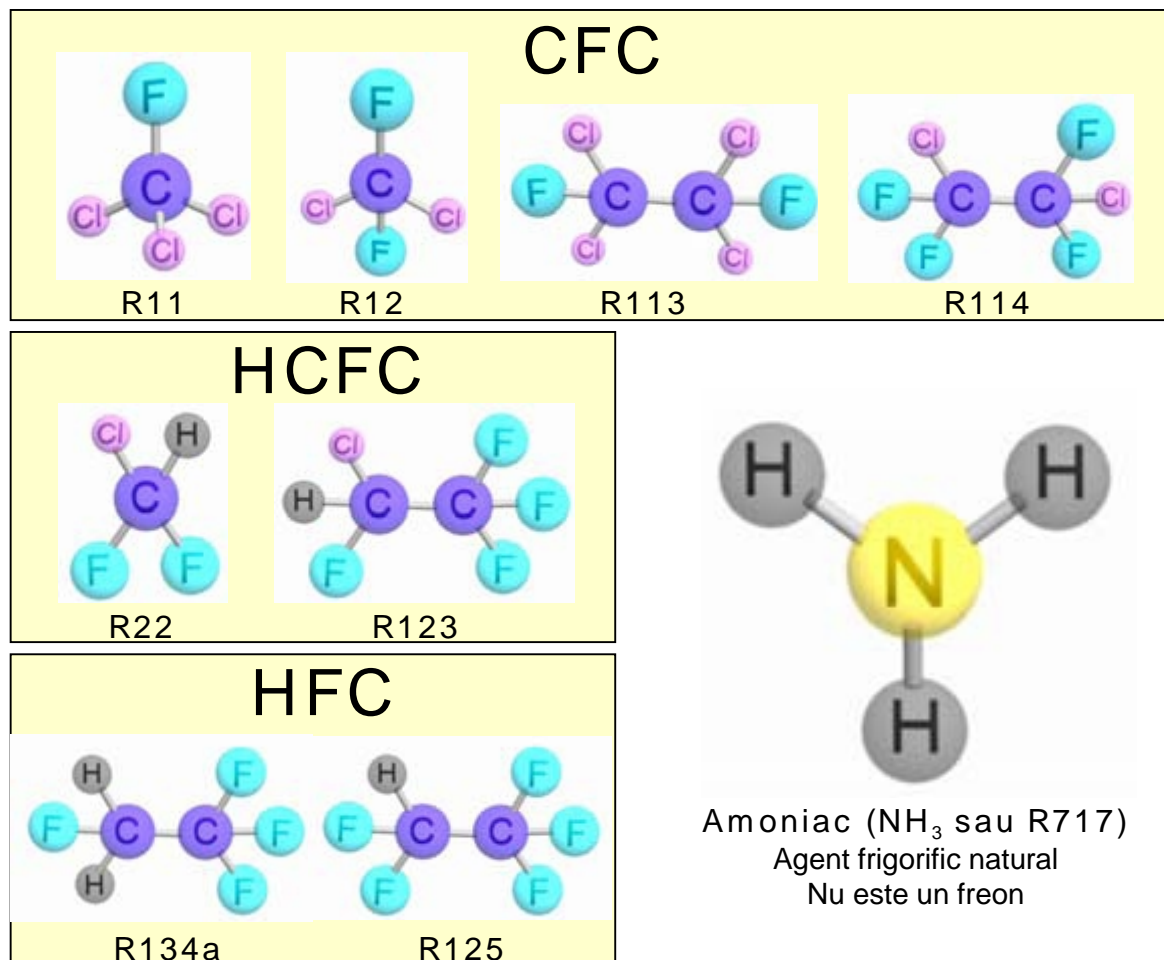


Fig.I.2

În ultimul timp începe să fie tot mai utilizat ca agent frigorific, propanul simbolizat prin R290, care reprezintă un înlocuitor excelent pentru R22, având o compatibilitate perfectă cu uleiurile utilizate în compresoarele pentru R20 și asigurând o eficiență frigorifică superioară față de R22. Propanul este utilizat și în numele tipuri de pompe de circulație. Singura problemă, legată de utilizarea propanului ca agent frigorific, este reprezentată de inflamabilitatea ridicată a acestuia.

I.1.4. Legătura dintre freoni și stratul de ozon

Poluarea produsă de freoni, o problemă atât de mediatizată și discutat în ultimii ani, reprezintă la ora actuală unul din motivele care explică numărul foarte mare de agenți frigorifici întâlniți în diverse aplicații ale tehnicii frigului.

La începutul anilor '80, măsurătorile ale grosimii stratului de ozon de deasupra Antarcticii, au evidențiat că grosimea acestuia devenise mult mai redusă decât în mod normal. Stratul de ozon, având un rol extrem de benefic, deoarece filtrează radiațiile ultraviolete, se găsește în stratosfera atmosferei terestre, aproximativ între 12 și 50 km altitudine, așa cum este indicat în figura I.3.

Dacă nu ar exista stratul de ozon, intensitatea radiației ultraviolete, provenite de la Soare, ar fi mult prea puternică pentru numeroase forme de viață de pe Pământ. În acest context, este evident importanța monitorizării atât a grosimii stratului de ozon, cât și a impactului pe care îl au diverși factori naturali, sau artificiali, asupra acestei grosimi.

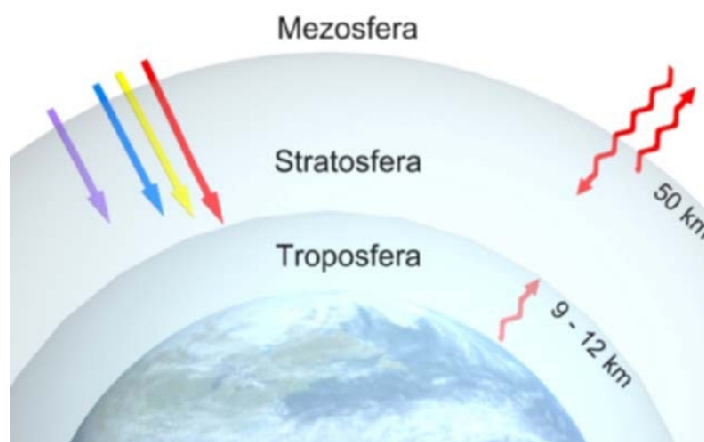


Fig.I.3

În partea stângă a imaginii din figura I.3, sunt reprezentate în culorile roșu, galben și albastru, radiațiile provenite de la Soare, în spectrul luminii vizibile, iar cu violet a fost reprezentat radiația ultraviolet, invizibil pentru ochiul uman. În partea dreaptă a imaginii a fost reprezentat cu culoare roșie sub forma săgeților ondulate, radiațiile infraroșii, de asemenea invizibile, percepute de om, sub formă de căldură. O parte din aceste radiații infraroșii, ca și cele ultraviolete, sunt reflectate de atmosfera terestră, în timp ce Pământul, care absoarbe această radiație, degajă și el radiații în spectrul infraroșu.

În aceeași perioadă de început a anilor '80, s-a constatat, de asemenea, că iarna și primăvara, grosimea stratului de ozon este cu circa 20% mai redusă decât vara și toamna, ceea ce a determinat studierea atentă a fenomenului. Astfel s-a constatat că sub acțiunea radiațiilor ultraviolete având intensități diferite în anotimpuri diferite, moleculele de ozon (O_3) se transformă în mod natural iarna și primăvara în molecule de oxigen (O_2), iar moleculele de oxigen (O_2) se transformă în mod natural vara și toamna în molecule de ozon (O_3). Acest fenomen natural explică pe de-o parte variația grosimii stratului de ozon, dar pe de altă parte, în perioada efectuării acestor măsurători, grosimea acestui strat, devenise mult mai subțire decât ar fi fost normal, în urma desfășurării procesului natural descris anterior.

Astfel a apărut ipoteza că subțierea stratului de ozon este posibil să fie datorată acțiunii unor substanțe produse de om. Din acest moment nu a mai fost decât un pas până la includerea freonilor, pe lista substanțelor nocive pentru stratul de ozon, deci poluante.

Poluarea produsă de freoni este un proces care se produce în stratosfera terestră și care este prezentat într-o manieră schematică, în figura I.4. Analizând mecanismul acestui proces se observă că, în ceea ce privește freonii, principalul responsabil pentru acțiunea distructivă asupra ozonului, este atomul de Cl, din moleculele CFC-urilor.

Sub acțiunea razelor ultraviolete provenite de la soare, din moleculele freonilor se eliberează Cl (clor monoatomic), deoarece din punct de vedere chimic, acesta prezintă o legătură foarte slabă (instabilă) în cadrul moleculelor de CFC. Clorul monoatomic reacționează chimic cu ozonul (O_3), care se găsește în stratosferă și rezultă oxigen biatomic O_2 și oxizi de clor. În acest mod, se distruge treptat stratul de ozon al planetei, care are un binecunoscut rol protector prin filtrarea radiațiilor ultraviolete, nocive pentru sănătatea umană.

Problema este cu atât mai gravă cu cât oxizii de clor rezultați din reacția descrisă nu sunt nici aceștia stabili și se descompun, eliberând din nou Cl. Se produc astfel reacții în lanț, prin care un singur atom de Cl poate să distrugă un număr impresionant de molecule de O_3 . Așa se explică apariția, deocamdată deasupra celor doi poli ai planetei a așa-numitelor guri în statul de ozon (zone în care perioade lungi din an ozonul lipsește complet). Fenomenul a fost posibil cu atât mai mult cu cât nu numai freonii, prin atomii de Cl, ci și alte substanțe chimice, în primul rând CO_2 , produc efecte asemănătoare.

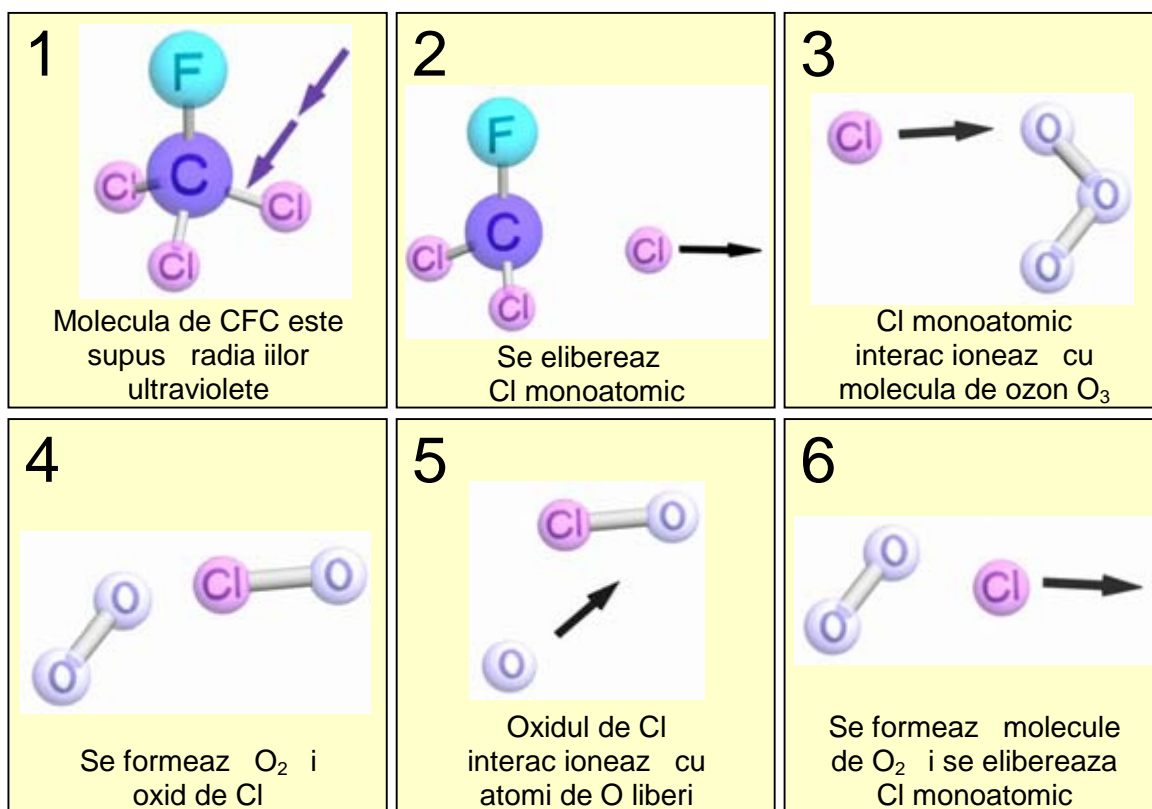


Fig.I.4

În prezent, exist în întreaga lume, numeroase instala ii de puteri frigorifice mici i mijlocii înc rcate cu agen i frigorifici poluan i (în sensul pericolului pentru stratul de ozon), care pun în continuare probleme legate de posibila lor „sc pare” în atmosfer . Totodat , se pune problema g sirii unor agen i de substitu ie, care s fie utiliza i în instala iile frigorifice noi.

În urma dovedirii tiin ifice a efectelor nocive asupra stratului de ozon, produse de freoni, comunitatea interna ional a luat numeroase m suri de reducere pân la zero a utiliz rii acestora. De exemplu, în SUA, una dintre primele m suri luate a fost interzicerea spray-urile de orice tip, care utilizeaz ca agent propulsor CFC-urile.

În 1987, *Protocolul de la Montreal*, revizuit în iunie 1990, de *Reuniunea de la Londra*, a înghe at pentru câ iva ani utilizarea CFC-urilor înainte de interdic ia definitiv a acestora. Ulterior, în 1992, *Reuniunea sub egida ONU, desf urat la Copenhaga*, întârzierile programate la Londra, privind utilizarea CFC, au fost reduse.

Reglement rile interna ionale pentru CFC i HCFC, stipuleaz în prezent urm toarele:

- *Pentru CFC:*
 - oprirea produc iei începând din 31.12.1994;
 - interzicerea comercializ rii i utiliz rii, începând din 1.01.1999, cu o derogare pentru men inerea în func iune a instala iilor existente, pân în 31.12.1999.
- *Pentru HCFC:*
 - produc ia este autorizat pân în 31.12.2014;
 - utilizarea în echipamente noi este interzis din 1.01.1996 în frigidere, congelatoare, aparate de condi ionarea aerului de pe automobile particulare, transport public i rutier, iar din 1.01.1998 i pe trenuri;
 - utilizarea este interzis din 1.01.2000 în echipamente noi ale antrepozitelor frigorifice i începând din 1.01.2001 în toate echipamentele frigorifice i de climatizare (cu unele excep ii);
 - utilizarea va fi interzis i pentru men inerea în func iune a instala iilor existente, începând din 1.01.2008.

Agenții utilizează în instalațiile frigorifice permit obținerea unei plaje foarte largi de temperaturi, de la -20°C până la -100°C , sau chiar mai scăzute în anumite cazuri particulare. Evident, aceste temperaturi nu pot să fie realizate cu un același agent frigorific, pentru fiecare domeniu de temperaturi existând anumiți agenți frigorifici specifici recomandați.

Cu toate că pe plan internațional au fost luate măsuri drastice privind interzicerea utilizării CFC-urilor, în lumea științifică există și opinii conform cărora, potențialul distructiv al acestor substanțe nu este nici pe departe atât de ridicat, pe cât s-a susținut. Astfel au fost enunțate câteva motive care infirmă prezumțiile anterioare, privind rolul CFC-urilor în distrugerea stratului de ozon, respectiv în creșterea nivelului radiațiilor ultraviolete:

- În natură există numeroase alte surse generatoare de Cl. Astfel circa 20% din clorul prezent în stratosferă provine din erupțiile vulcanice, care pot accelera semnificativ procesul de reducere a grosimii stratului de ozon;
- În timp ce grosimea stratului de ozon a fost în continuă scădere, o lungă perioadă de timp, emisiile de CFC au fost în continuă creștere, deci se poate concluziona că nu a existat o corelație directă între emisiile de CFC și problema ozonului;
- Cu toate că se consideră că rolul ozonului este de a filtra radiațiile ultraviolete, nu este demonstrat clar că nivelul radiațiilor ultraviolete a crescut considerabil, ca urmare a reducerii grosimii stratului de ozon.

Trecând peste aceste dispute de ordin teoretic, de altfel extrem de interesante, merit menționat faptul că, de îndată când se vorbește de freoni, aceștia sunt asociați cu instalațiile frigorifice, totuși tehnica frigului artificial nu este nici pe departe cea care a emis cele mai ridicate cantități de CFC-uri în atmosferă. Degajări mult mai semnificative de CFC, corespund următoarelor ramuri industriale:

- Industria microelectronică - utilizează freoni la spălarea microcircuitelor electronice;
- Industria cosmetică - a utilizat freoni ca agent propulsor pentru substanțele active din spray-uri.

În ambele situații prezentate, CFC-urile au fost emise direct în atmosferă, în cantități mari, în timp ce în cazul instalațiilor frigorifice, CFC-urile evoluează în circuit închis în sisteme etanșe, neputând să ajungă în atmosferă decât în cazuri de avarie. La ora actuală, înaintea oricărei intervenții tehnice, este obligatorie, recuperarea agentului frigorific din instalații, fiind interzis eliberarea acestuia în atmosferă.

1.1.5. Domenii de utilizare a agenților frigorifici

Cele mai importante domenii de utilizare a freonilor și agenților de substituție pentru freonii clasici, sunt prezentate în tabelul 1.2. O mare parte dintre agenții frigorifici, în special cei de substituție, reprezintă amestecuri ale unor alți freoni așa cum se observă în tabelul 1.3.

Tabelul 1.2

| Utilizare | Agent frigorific | Agenți de tranziție | Agenți considerați definitiv |
|---------------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| Aparate casnice | R12 | R401A (MP39) R409A (FX56) | R134a R290 (Propan) R600a (Izobutan) |
| Refrigeratoare de apă | R11 R12 R114 R22 R717 (NH_3) | R123 R142b R22 | R134a R404A R717 (NH_3) |
| Frig comercial (temperaturi pozitive) | R12 | R401A (MP39) R409A (FX56) R22 | R134a R404A R507 R413A |

Tabelul I.2 (continuare)

| Utilizare | Agent frigorific | Agenți de tranziție | Agenți considerați definitiv |
|--|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| Frig comercial (temperaturi negative) | R502 | R402A (HP80) R408A (FX10) R403B R22 | R404A R125 AZ50 – R407B |
| Frig industrial | R717 (NH ₃) R22 | R22 | R717 (NH ₃) R404A |
| Frig adânc | R13B1 R13 R503 | | ES20 R23 R32 |
| Climatizare | R22 R500 | R409B (FX57) R401B (HP66) | R124a R407C Klea 66 |
| Aer condiționat auto | R12 R500 | R401C (MP52) R409B (FX57) R401B (HP66) | R134a |
| Pompe de cîldură | | R22 | R407C R290 (Propan) |

Tabelul I.3

| Agenți frigorifici | Componenti | Participații |
|--------------------|----------------|--------------|
| R401A | R22/152a/124 | 53/13/34 |
| R404A | R125/143a/134a | 44/52/4 |
| R407C | R32/125/134a | 23/25/52 |
| R409A | R22/124/142b | 60/25/15 |
| R500 | R12/152a | 73,8/26,2 |
| R502 | R22/R115 | 48,8/51,2 |
| R507 | R125/143a | 50/50 |

I.1.6. Tabele și diagrame termodinamice ale agenților frigorifici

În vederea realizării calculului termic al ciclurilor după care funcționează instalațiile frigorifice, este necesară determinarea valorilor parametrilor termodinamici ai agenților frigorifici, în stările caracteristice ale acestor cicluri frigorifice. În acest scop, pot să fie utilizate tabele sau diagrame termodinamice.

În continuare este prezentat câte un exemplu de tabel care prezintă valori ale parametrilor termodinamici pentru agenții frigorifici, în stări de saturație - tabelul I.4, respectiv în stări de vapori supraîncălziți - tabelul I.5. Ambele tabele se referă la R134a, datele fiind obținute cu ajutorul programului de calcul CoolPack, disponibil gratuit pe internet.

O altă metodă rapidă pentru estimarea mrimilor de stare ale agenților frigorifici, este utilizarea diagramelor termodinamice, care permit determinarea acestor mrimi pe cale grafică. În plus, au avantajul că permit reprezentarea și studiul ciclurilor termodinamice ale instalațiilor frigorifice, respectiv pompelor de cîldură.

În tehnica frigului, cea mai utilizată diagramă termodinamică este diagrama presiune – entalpie, cu vaporii presiunii reprezentate în scară logaritmică. Avantajul utilizării scării logaritmice este că poate fi reprezentat un domeniu larg de presiuni, cu menținerea unei precizii de citire relativ bună, pentru întregul domeniu de presiuni.

Aceste diagrame sunt denumite „lg p - h ”, unde lg p indică scara logaritmică de reprezentare a presiunilor și h indică entalpia. În figura I.5 este prezentată o asemenea diagramă, pentru R134a, realizată tot cu ajutorul programului CoolPack.

Tabelul I.4

| T | p | v_l | v_g | h_l | h_g | R | s_l | s_g |
|--------|--------|---------------------|--------------------|--------|--------|--------|-----------|-----------|
| °C | Bar | dm ³ /kg | m ³ /kg | kJ/kg | kJ/kg | kJ/kg | kJ/(kg K) | kJ/(kg K) |
| -40.00 | 0.516 | 0.7055 | 0.35692 | 149.97 | 372.85 | 222.88 | 0.8030 | 1.7589 |
| -30.00 | 0.847 | 0.7202 | 0.22408 | 161.91 | 379.11 | 217.20 | 0.8530 | 1.7463 |
| -20.00 | 1.330 | 0.7361 | 0.14641 | 174.24 | 385.28 | 211.04 | 0.9025 | 1.7362 |
| -10.00 | 2.007 | 0.7533 | 0.09898 | 186.93 | 391.32 | 204.39 | 0.9515 | 1.7282 |
| 0.00 | 2.928 | 0.7721 | 0.06889 | 200.00 | 397.20 | 197.20 | 1.0000 | 1.7220 |
| 10.00 | 4.145 | 0.7927 | 0.04913 | 213.44 | 402.89 | 189.45 | 1.0480 | 1.7170 |
| 20.00 | 5.716 | 0.8157 | 0.03577 | 227.23 | 408.33 | 181.09 | 1.0954 | 1.7132 |
| 30.00 | 7.701 | 0.8416 | 0.02648 | 241.46 | 413.47 | 172.00 | 1.1426 | 1.7100 |
| 40.00 | 10.164 | 0.8714 | 0.01986 | 256.16 | 418.21 | 162.05 | 1.1896 | 1.7071 |
| 50.00 | 13.176 | 0.9064 | 0.01502 | 271.42 | 422.44 | 151.03 | 1.2367 | 1.7041 |

Tabelul I.5

| T | p | H gas |
|---------|--------|-------------|
| °C | Bar | kJ/kg |
| -20.000 | 1.000 | 386.5087911 |
| -20.000 | 6.000 | 359.2485954 |
| -20.000 | 11.000 | 390.0354785 |
| -10.000 | 1.000 | 394.6698305 |
| -10.000 | 6.000 | 373.7195771 |
| -10.000 | 11.000 | 397.7614244 |

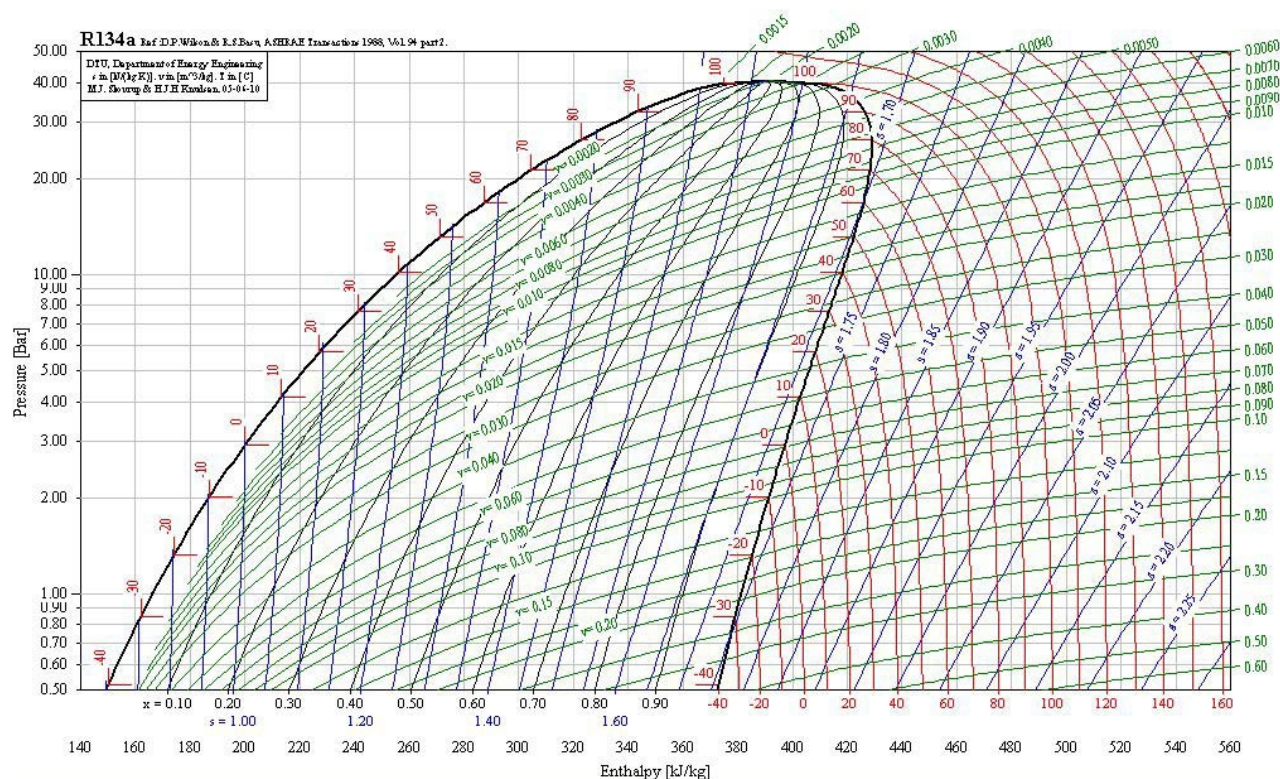


Fig.I.5