

CURS CLIMATIZARE AER

A. TERMENI TEHNICI FOLOSITI IN CLIMATIZARE

- 1 HALOGENARE – procedeu chimic de inlocuire a atomilor de hidrogen dintr-o hidrocarbura cu atomi de Cl(clor),F(fluor),Br(brom),care sunt atomi de halogen.Scopul este ca transformarea din faza lichida in cea de gaz a fluidului sa se realizeze la $T=ct.$ si $P=ct.$
- 2 FLUID AZEOTROPIC – este un amestec de fluide care isi mentine temperatura si presiunea constante atunci cand are loc transformarea de faza lichid/gaz.Comportamentul acestui amestec este analog cu acela al unui fluid pur.
- 3 COP – este coeficientul de performanta al unei instalatii frigorifice.

$$COP = Q_{sch.} / Q_{cons.}$$

Unde:

Q_{sch} =caldura schimbata de aparat cu mediul

Q_{cons} =energia electrica consumata

In Europa, COP se foloseste pentru calculul performantelor aparatelor de aer conditionat,atat la functionarea pe "FRIG" cat si la functionarea pe "POMPA DE CALDURA"
In SUA ,pentru calculul eficientei in regim de POMPA DE CALDURA se foloseste EER:

- 4 EER = ENERGY EFFICIENCY RATIO = Eficienta Energetica

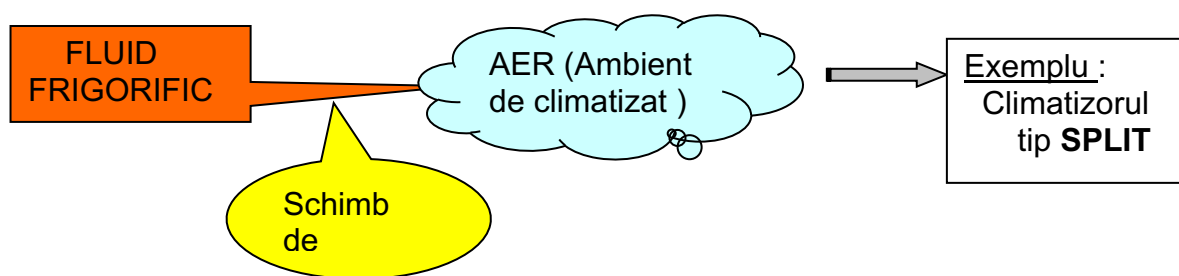
$$EER = Q_{inel} / Q_{cons}$$

Unde :

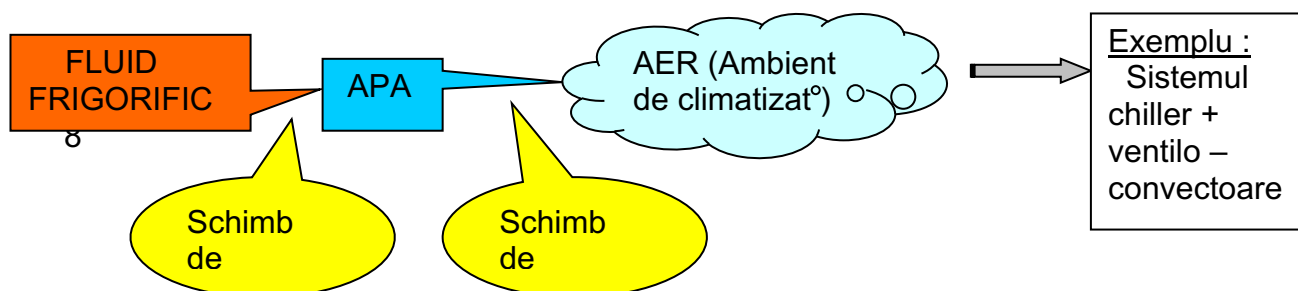
Q_{inel} = caldura schimbata in sistem "POMPA DE CALDURA"

Q_{cons} =energia electrica consumata

- 5 EXPANSIUNE DIRECTA – metoda de climatizare in care fluidul din sistemul frigorific schimba direct caldura cu ambientul de climatizat



- 6 EXPANSIUNE INDIRECTA – metoda de climatizare in care schimbul de caldura se efectueaza prin intermediul unui fluid intermediar



- 7 GLIDE – interval de temperatura in care se face transformarea de faza a unui fluid la o presiune data(constanta)
- 9 HIDROCARBURI HALOGENATE – compusi derivati din hidrocarburi la care atomii de hidrogen s-au inlocuit cu atomi de Cl, F sau Br.
- 10 NEARM – interval de temperatura foarte mic de trecere de la o faza la alta a unui fluid, a unui amestec azeotrop (mai mic de 1°C)
- 11 POE – ulei mineral pentru lubrifierea sistemelor frigorifice
- 12 PAG (polyalkylene glycol) – ulei de sinteza solubil in amoniac
- 13 GWP (Global Warming Potential) – potentialul de incalzire globala este proprietatea unei substante date si reprezinta raportul dintre incalzirea produsa de o anumita cantitate de substanta si incalzirea produsa de aceeasi cantitate de CO₂ intr-un interval de 100 de ani.GWP arata masura producerii efectului de sera.
- 14 ODP (Ozone Depletion Potential) – potentialul de distrugere a stratului de ozon este raportul dintre impactul asupra stratului de ozon al unei anumite cantitati dintr-o substanta data si impactul dat de aceeasi cantitate de CFC-11 (R11), care are prin conventie ODP = 1. ODP-ul pentru CFC (cloro-fluoro-carburi) si pentru HCFC (hidro-cloro-fluoro-carburi) variaza ca valoare intre 0,01 si 1,2 . Functie de ODP,aceste substante se clasifica in 2 categorii:
14.1.Clasa 1 – substante cu ODP mai mare decat 0.2
14.2.Clasa 2 – substante cu ODP mai mic decat 0.2
- 15 ODS (Ozone Depletion Substance) – substante care distrug stratul de ozon ,de tipul CFC si HCFC.
- 16 OZON – gaz in a carui molecula sunt 3 atomi de oxigen. 90% din cantitatea totala de ozon se gaseste in stratosfera, care reprezinta patura de ozon. Aceasta absoarbe radiatiile ultraviolete (UV), care au actiune daunatoare asupra organismelor vii.
- 17 LFL (Low Flammability Level) – nivel inferior de inflamabilitate. Reprezinta concentratia minima de refrigerent care este in situatia de a propaga flacara atunci cand se afla intr-un amestec omogen cu aerul, in conditii date de temperatura si presiune.
- 18 RETROFIT – inlocuirea refrigerentului intr-un circuit cu compresor volumetric.
- 19 SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) – valoarea medie a EER dintr-un sezon de functionare.
- 20 TEMPERATURA DE FIERBERE – temperatura la care, la o presiune data, se initiaza procesul de vaporizare al unui amestec zeotropic.
- 21 PUNCT DE ROUA – temperatura la care ,la o presiune data, se initiaza procesul de condensare al unui amestec zeotropic.
- 22 AMESTEC ZEOTROPIC – amestec de fluide care nu isi mentine temperatura constanta , la presiune constanta, in timpul trecerii de la faza lichida la faza gazoasa.

- 23 ALTERNATIVA GEMELLA = ALTERNATIVA DUBLA – fluid care poate inlocui un alt fluid refrigerent, pastrand acelasi compresor volumetric. Noul refrigerent furnizeaza aceeasi putere frigorifica, pastrandu-se acelasi raport de compresie.
- 24 TITLUL UNUI FLUID – procentul total de vapori din intreaga cantitate de fluid
 $T = 0-100$; Ex. $T=0$ - toata cantitatea de fluid este lichida
 $T=100$ - toata cantitatea de fluid este sub forma de vapori saturati
- 25 CLOROFLUOROCARBURI – substante a caror molecula contine atomi de clor, fluor si carbon. Se obtin pornind de la o hidrocarbura ai carei atomi de hidrogen se inlocuiesc cu cei de clor si fluor. SIMBOLIZARE: **CFC**
- 26 HIDROCLOROFLUOROCARBURI - analog CFC dar, in plus, molecula lor contine si atomi de hidrogen. SIMBOLIZARE: **HCFC**
- 27 HIDROFLUOROCARBURI – analog HCFC, dar molecula nu mai contine atomi de clor. In acest caz $ODP=0$ (nu afecteaza stratul de ozon). In schimb, aceste substante dau in general un effect de sera ridicat. SIMBOLIZARE: **HFC**

B. PROPRIETATILE FLUIDELOR REFRIGERANTE

B.1. SIGURANTA REFRIGERANTILOR

Din punct de vedere al sigurantei, se iau in calcul 2 parametrii:

B1.1. TOXICITATEA pentru care vom avea urmatoarele tipuri:

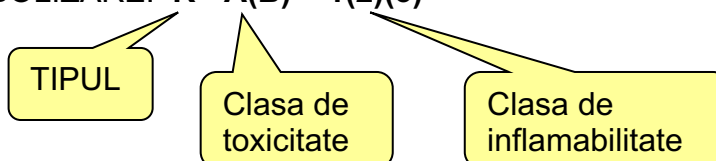
- clasa A – refrigeranti care nu sunt toxici in cantitate mai mica decat 440 ppm. Sunt considerati nepericolosi.
- clasa B – refrigeranti care sunt toxici in cantitate mai mica decat 440 ppm. Sunt considerati pericolosi.

B.1.2. INFLAMABILITATEA, pentru care vom avea urmatoarea clasificare:

- clasa 1 – refrigeranti care nu propaga flacara in aer la $T=21^\circ\text{C}$ si $P=1\text{atm}$. Sunt clasa cea mai buna.
- clasa 2 – refrigeranti care au o limita inferioara de inflamabilitate mai mare de 0.10 kg/m^3 la 21°C si $P = 1\text{atm}$. Clasa intermediara, inflamabilitate scazuta.
- clasa 3 – refrigeranti cu inflamabilitate inalta, care au limita de inflamabilitate inferioara (LLI) mai mica sau egala cu 0.10 kg/m^3 la $T=21^\circ\text{C}$ si $P=1\text{atm}$. Reprezinta o clasa inferioara.

Cand se alege un refrigerant trebuie luati in calcul ambii parametrii pentru a obtine un optim intre cei doi. Trebuie tinut cont ca un fluid frigorific se comporta diferit cand se afla in faza lichida fata de starea gazoasa.

SIMBOLIZARE: **R - A(B) - 1(2)(3)**



B.2. DEFINITIE FLUID REFRIGERANT – fluid care absoarbe caldura de la mediu, se evaporă la temperaturi si presiuni scazute si care , cedand caldura la mediu, condenseaza la temperaturi si presiuni mari. Procesul de transfer de caldura de la sursa rece la sursa calda este functie de tipul fluidului frigorific. Din punct de vedere al schimbului de caldura, in principal

B2.1. PROPRIETATI TERMODINAMICE

a) **Presiunea** - este importanta pentru ca determina dimensiunile si robustetea echipamentului. Daca presiunea de lucru este mare – aparatele sunt mari.

-in orice punct al circuitului frigorific, presiunea de lucru trebuie sa fie mai mare decat presiunea atmosferica, pentru a evita patrunderea aerului sau a umiditatii care ar produce defectiuni (in principal la nivelul compresorului, filtrului si tubului capilar)

-fluidul frigorific ideal este acela care are o presiune de vaporizare, la temperatura minima de ciclu, mai mare decat cea a atmosferica si o presiune de condensare cat mai mica posibila

In concluzie : raportul intre Presiunea de condensare si Presiunea de vaporizare sa fie cat mai mic posibil .

b) **Temperatura**

-pentru a avea un randament al aparatului cat mai bun, condensarea vaporilor de agent frigorific trebuie sa se realizeze la o temperatura cat mai inalta.

-temperatura de supraincalzire a vaporilor in faza de compresie trebuie sa aiba o valoare mica .

c) **Volumul specific**

-cu cat este mai mare volumul specific al vaporilor saturati la o temperatura data, cu atat este necesara o cantitate mai mare de fluid care trebuie sa treaca prin compresor

In concluzie: un volum specific mic al vaporilor saturati, permite folosirea unor componente ale echipamentului de dimensiuni mici (in primul rand compresorul).

d) **Caldura latentă de vaporizare**

-este cantitatea de caldura necesara pentru a se efectua vaporizarea unui kg de lichid, la $P = \text{const.}$

-de acest parametru depinde EFECTUL REFRIGERANT , care reprezinta cantitatea de caldura /kg fluid frigorific, pe care refrigerantul o poate absorbi la nivelul evaporatorului, sau ceda la nivelul condensatorului. Efectul refrigerant este dat, de asemenea, de debitul masic de fluid care trebuie sa circule in aparat, pentru a obtine o putere frigorifica data.

In concluzie: **debitul volumic / kw** : $[\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{kw}]$

sau **debitul masic / kw**: $[\text{kg}/\text{s} \cdot \text{kw}]$ ne dau informatii clare asupra dimensionarii aparatelor

B.2.2. PROPRIETATILE DE CIRCULATIE IN SISTEMUL FRIGORIFIC

a. **Vascozitatea**

-determina pierderile de sarcina (caderile de presiune) in circuitul frigorific. Are influenta directa asupra dimensionarii conductelor din circuitul frigorific.

Proprietatile prezentate anterior sunt variabile functie de temperatura. Astfel, un fluid care are proprietati bune intr-un camp de temperatura dat, se poate comporta mai putin eficient intr-un camp de temperatura diferit. Ex.: Agentul frigorific folosit in climatizarea aerului

nu este eficient in sectorul de refrigerare deoarece aici se lucreaza cu temperaturi de vaporizare mult mai mici.

In consecinta, cand se alege un REFRIGERANT, trebuie sa se tina cont de mai multe caracteristici ale acestuia, astfel :

a. MISCELABILITATEA

Este proprietatea refrigeratului de a se combina cu uleiul folosit pentru lubrifierea compresorului

-AVANTAJE:

- lubrifierea partilor componente ale sistemului
- faciliteaza introducerea uleiului din circuit la compresor

-DEZAVANTAJE

- diluarea excesiva a uleiului in compresor(possibila)
- reducerea transferului de caldura la nivelul evaporatorului si condensatorului, datorita faptului ca agentul frigorific nu mai este singur in contact cu acesta

b. TENDINTA DE SCAPARE DIN CIRCUIT

Este determinate de diversi parametrii printre care presiunea, viscozitatea si densitatea.

Cu cat este mai mare greutatea moleculara a refrigerantului, cu atat tendinta de scapare din circuit este mai mica.

c. MIROSUL

Acesta poate fi util in a determina eventualele scapari din circuit ale refrigerantului si da posibilitatea interventiei imediate pentru a inlatura neetanseitatile.

d. STABILITATE CHIMICA

Este de doritda fie buna pentru diferite temperaturi si presiuni

e. USURINTA IN TRANSPORT SI MANEVRARE

f. SA NU PROVOACE COROZIUNI ALE COMPONENTELOR APARATULUI SI SA NU MODIFICE PROPRIETATILE ULEIULUI CARE LUBREFIAZA COMPRESORUL

g. TOXICITATE SI INFLAMABILITATE SCAZUTE

h. ODP SCAZUT

i. GWP SCAZUT

SIGLA REFRIGERANT R-XXX- trebuie sa apara obligatoriu pe eticheta aparatului

C. CLASIFICAREA FLUIDELOR REFRIGERANTE

C.1. FLUIDE SINTETICE - sunt fluide de tipul HFC(fara clor!)

C.1.1. R-134a

- nu poate fi folosit in loc de R-22, in climatizoarele aflate deja in functiune
- nu are GLIDE
- nu se fractioneaza
- randamentul este inferior fata de cel al R-22 (HCFC)

- este un fluid pur
- are GWP mai mic decat 1600
- nu este compatibil cu uleiul mineral pentru R 22 (HCFC), trebuie folosit ulei tip POE

C1.2. **R-407c**

- este un amestec zeotropic de trei fluide tip HFC (R-32 23%, R-125 25%, R-134a 52%)
- poate fi folosit in locul R-22, in climatizoarele aflate deja in functiune
- GLIDE este foarte mare: la $P=1\text{bar}$, $T_{\text{vaporizare}} = -44\text{ }^{\circ}\text{C}$. Transformarea totala de faza din lichid in vapori se realizeaza in intervalul de temperatura de 72°C . De aici rezulta un randament mai scazut decat cel al R-22 , de 95% , referindu-ne la acelasi aparat de climatizare.
- GWP = 1600
- prezinta o fractionare mare, adica procentul din fiecare componenta este diferit in faza lichida si gazoasa. De aici rezulta faptul ca, in cazul unei scapari de refrigerent, nu stim in ce cantitati au ramas cele 3 componente in circuit.
- in cazul in care avem scapari, incarcarea circuitului se face numai cu faza lichida
- COP la R-407c este 95% din COP la R-22. Se poate mari COP modificand vaporizatorul si condensatorul.
- in momentul de fata este cel mai folosit la inlocuirea lui R-22
- nu este compatibil cu uleiul mineral ptr. R-22(HCFC). Se foloseste ulei tip POE.

C.1.3. **R-410a**

- nu poate fi folosit in locul R-22 la climatizoarele aflate in functiune
- este un amestec azeotropic (GLIDE = 0.1) de doua fluide HFC (R-32 50%, R-125 50%)
- GWP =1900
- compresoarele sunt total diferite: sunt mai mici la aceeasi putere datorita capacitatii volumetrice mai ridicate data de folosirea lui R-22
- schimbatoarele de caldura sunt total diferite fata de cele ptr. R-22
- pe termen lung, va inlocui R-22
- nu este compatibil cu uleiul mineral ptr. R-22 (HCFC). Trebuie folosit ulei POE.
- in momentul de fata este foarte folosit in Japonia si SUA.

AVANTAJELE REFRIGERANTILOR HFC

1. Lipsa toxicitatii si a inflamabilitatii - toate sunt clasa A1
2. Rezolva problema distrugerii stratului de ozon
3. GWP este mai mic decat la celelalte hidrocarburi halogenate de tipul CFC sau HCFC

$$\text{GWP(HFC)} = 1000 \div 3000$$

DEZAVANTAJELE REFRIGERANTILOR HFC

1. Incompatibilitate cu uleiul folosit in lubrefierea compresoarelor in sistemele care functioneaza cu refrigerant R-22.
2. Trebuie folosit ptr. lubrefiere ulei tip POE, mai scump.
3. Nivelul de zgomot al climatizoarelor care folosesc ulei tip POE special ptr. HFC (R-134a, R-407c, R-410a) este mai mare.
4. Pretul refrigerantilor HFC este mai mare decat al R-22

C.2. FLUIDE REFRIGERANTE NATURALE

- a. Amoniac R-717
- b. Propan R-290
- c. CO₂ R-744
- d. Isobutan
- e. Azot
- f. Apa

Cele mai folosite sunt: CO₂, amoniacul si propanul. Trebuie avute in vedere urmatoarele:

- siguranta in exploatare
- consumul de energie
- dimensiunile si costul aparatelor

PERSPECTIVE

Se prevede ca cel mai folosit refrigerant natural va fi CO₂.

Acesta are urmatoarele caracteristici:

- GWP =1
- ODP =0
- nu este inflamabil
- este mai greu ca aerul, poate provoca sufocarea
- este compatibil cu uleiurile minerale
- este compatibil cu materialele folosite in prezent in climatizare
- deocamdata nu este folosit in sistemul "POMPA DE CALDURA"

D. MASINI FRIGORIFICE, APARATE DE CLIMATIZARE A AERULUI

D.1 Definitie - sunt instalatii care permit schimbul de caldura de la un ambient cu temperatura mica, la unul cu temperatura mai mare, reprezentand inversul schimbului natural (fig.1)

Ex: frigiderul este instalatia in care caldura din interiorul acestuia este "scoasa" si dispersata in bucatarie.

Acest schimb invers de caldura este posibil doar cu aport de energie din exterior, furnizat unui sistem frigorific. Un sistem frigorific este compus in principal din 4 componente:

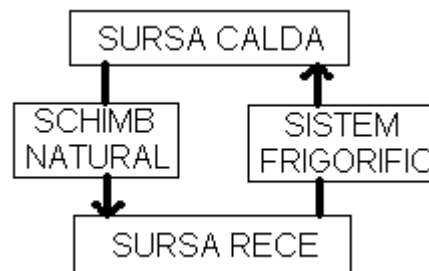


Fig.1.

Principial, un aparat de climatizare a aerului este reprezentat ca in figurile 2 si 3.

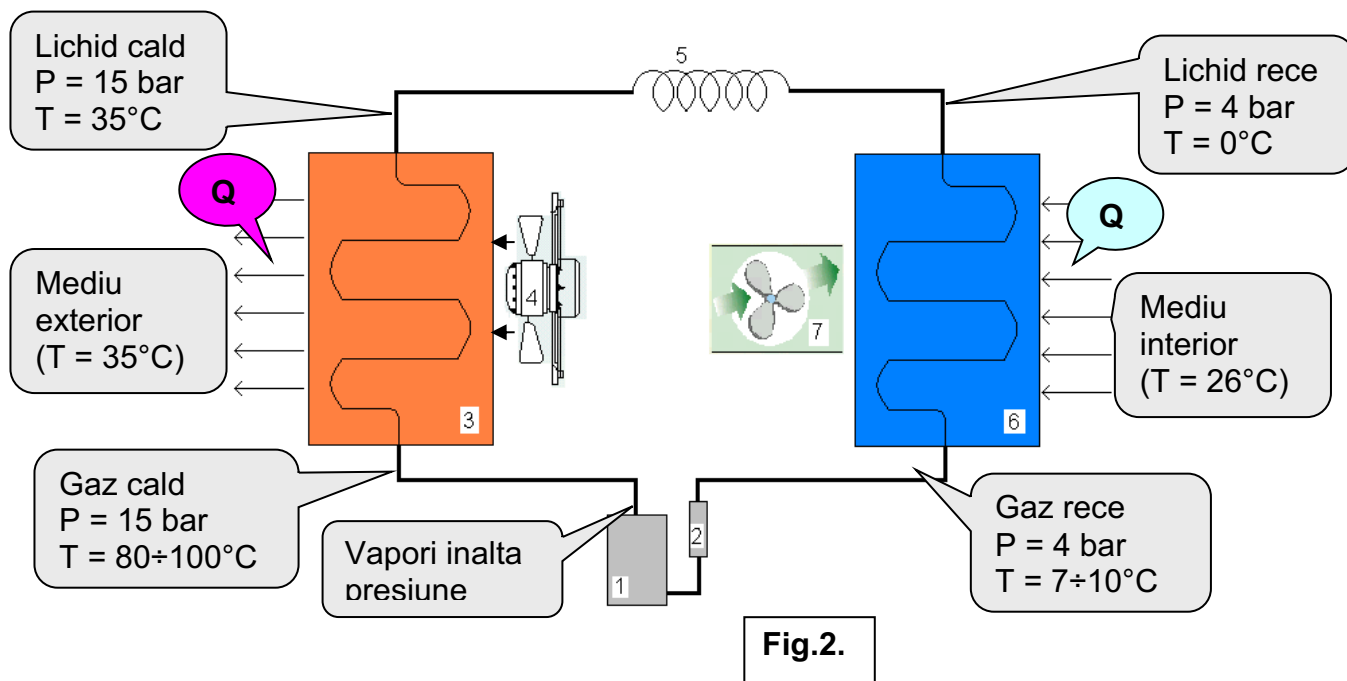
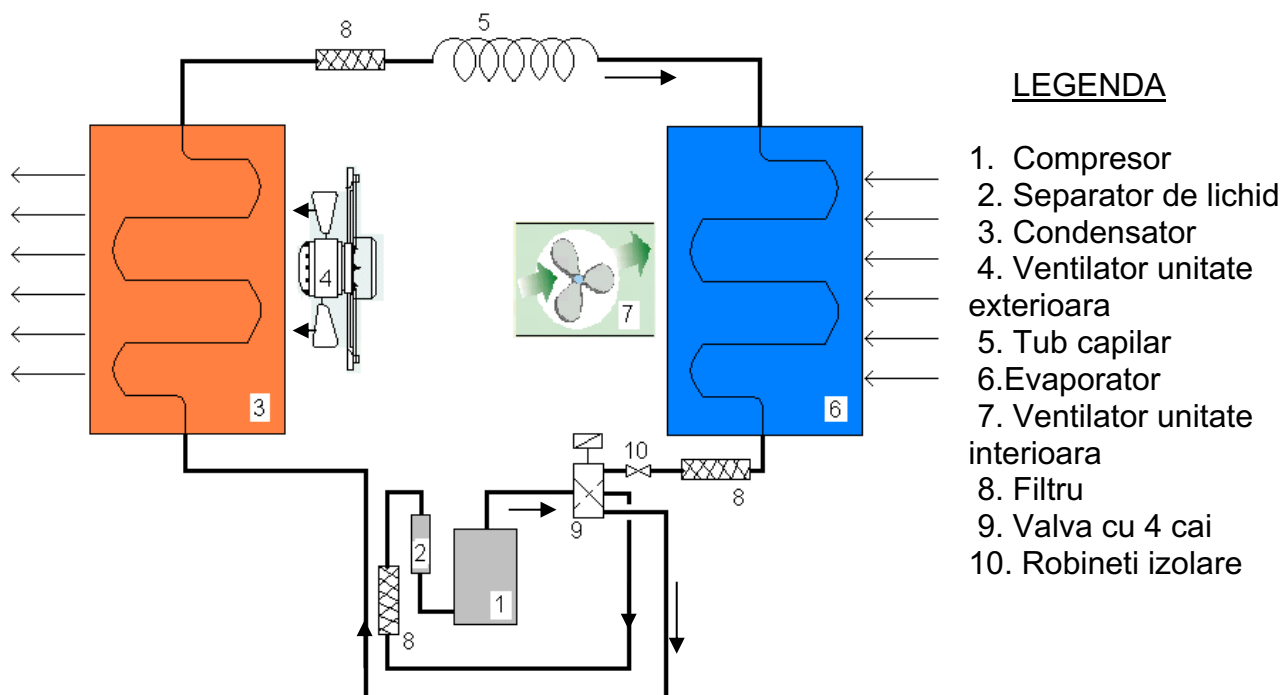


Fig.2.



LEGENDA

1. Compresor
2. Separator de lichid
3. Condensator
4. Ventilator unitate exterioara
5. Tub capilar
6. Evaporator
7. Ventilator unitate interioara
8. Filtru
9. Valva cu 4 cai
10. Robineti izolare

Fig.3.

In figurile 2 si 3 sunt prezentate schemele de principiu ale unor agregate cu detenta directa (fara fluid intermediar). In fig. 2 este un agregat numai pentru racire, iar in fig. 3 unul reversibil (pompa de caldura).

D.2. Descrierea componentelor

D.2.1. COMPRESORUL. Este acel dispozitiv care face posibila realizarea procesului de racire. Acesta aspira gazul la o presiune si o temperatura joasa si il comprima pana la o presiune si o temperatura inalta.

Aceste valori mari ridica punctul de fierbere (implicit si de condensare) al freonului, permitand cedarea de caldura mediului exterior aflat la o temperatura relativ ridicata.

D.2.2. CONDENSATORUL. Aceasta componenta este parcursa de agentul frigorific (in faza de vapori) aflat la temperatura si presiune inalta(datorita compresorului). In condensator, vaporii de refrigerant condenseaza, cedand caldura latentă de vaporizare mediului de racire, care poate fi aerul sau apa, in functie de tipul de condensator.

D.2.3. EVAPORATORUL. Acesta reprezinta elementul instalatiei in care are loc vaporizarea refrigerantului . In urma vaporizarii, agentul frigorific primeste caldura de la aerul din interiorul incaperii, rezultatul fiind racirea acestuia.

D.2.4. TUBUL CAPILAR. Reprezinta ingustari ale sectiunilor tevilor cu rolul de a asigura laminarea agentului frigorific. Prin aceasta, presiunea refrigerantului scade de la valoarea de condensare la cea de vaporizare .

D.2.5. VENTILATORUL UNITATII INTERNE. Aspira aerul ambiant si il directioneaza in U.I., iar dupa racire/incalzire, il distribuie in interiorul incaperii.

D.2.6. VENTILATORUL UNITATII EXTERNE. Asigura circulatia aerului prin U.E. in scopul racirii/incalzirii agentului frigorific.

D.2.7. SEPARATORUL DE LICHID. Are rolul de a preveni ca eventualele particule lichide de refrigerant sa patrunda in compresor. Previne distrugerea compresorului, deoarece lichidul este incompresibil.

D.2.8. VALVA CU 4 CAI. Are rolul de a permite agregatului sa functioneze in sistem "POMPA DE CALDURA". Acest sistem , datorita inversarii ciclului, permite vaporizarea refrigerantului in Unitatea Externa si transfera cantitatea de caldura absorbita in interior, pentru a incalzi mediul. Cu alte cuvinte , caldura este transmisa in interior datorita fenomenului de condensare si absorbita din exterior prin fenomenul de vaporizare. Pe regim de "RACIRE", bobina valvei cu 4 cai nu este alimentata electric, iar agentul frigorific din compresor ajunge in unitatea externa, unde are loc procesul de condensare.

Pe regim de "POMPA DE CALDURA", bobina valvei cu 4 cai este alimentata electric, in valva se obtureaza calea care duce catre unitatea externa si se elibereaza calea care duce catre unitatea interna.

Astfel, din compresor, agentul frigorific ajunge mai intai in unitatea interna unde condenseaza si in acelasi timp cedeaza caldura mediului ambiant, realizandu-se functia de incalzire.

REZUMAND, putem spune ca schimbul de caldura de la un mediu rece la unul cald, este rezultatul a doua transformari de stare ale refrigerantului :

1- in evaporator, refrigerantul trece de la starea lichida la cea gazoasa, proces care se produce cu aport de caldura din exterior, respectiv din incaperea in care este montata unitatea interna, ceea ce duce la racirea acesteia ;

2 - in condensator, refrigerantul aflat in stare gazoasa , dar la presiune ridicata, trece in starea lichida, prin condensare, cedand mediului de racire (aerul sau apa) caldura pe care o captase in procesul de vaporizare.

Transformarile de mai sus sunt posibile ca urmare a comprimarii vaporilor de refrigerant (prin intermediul compresorului) pana la valori ale presiunii care permit condensarea la temperaturi relativ ridicate si apoi a coborarii presiunii lichidului (prin organul de laminare) pana la valori care permit vaporizarea acestuia la temperaturi relativ coborate.

D.3. Ciclul de functionare al unui agregat frigorific. Diagrama entalpie – presiune.

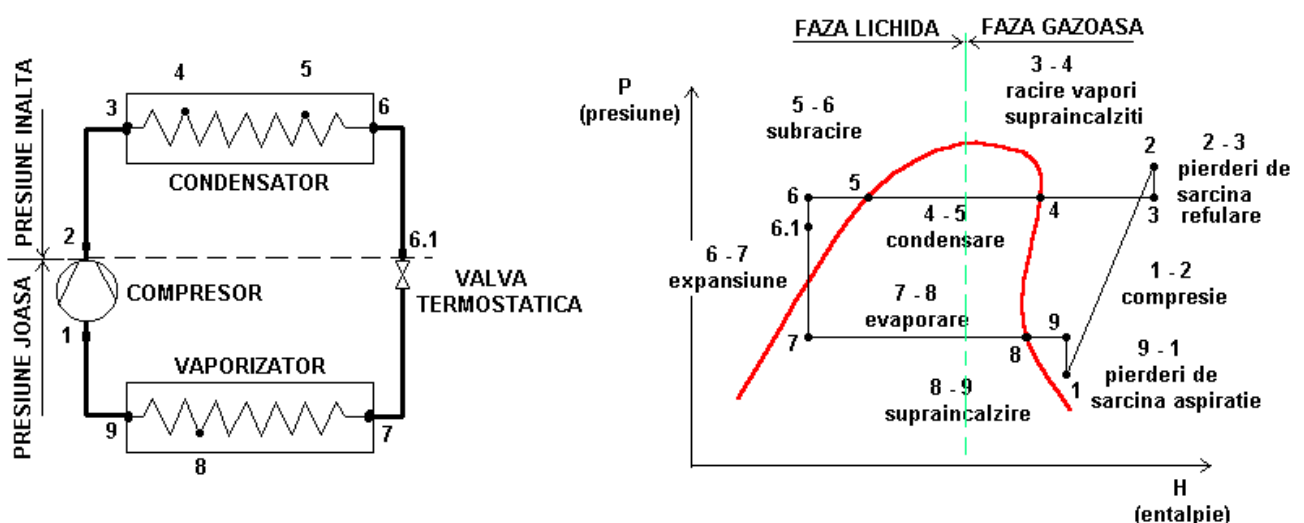


Fig. 4

EXPLICAREA CICLULUI FRIGORIFIC

Compresorul aspira vapori supraincalziti , in punctul 1, la o presiune inferioara celei de evaporare si, prin procesul de compresie , in punctul 2 vom avea o presiune de 15÷20 bari si o

temperatura de 70÷120 C, functie de tipul agentului frigorific si de temperatura exterioara. Energia consumata de compresor pentru a aduce refrigerantul din punctul 1 in punctul 2 este data de diferenta de entropie dintre cele doua puncte.

Intre punctele 2 si 3 avem pierderi de presiune (sarcina) pe teville dintre refularea compresorului si intrarea in condensator.

In prima parte a condensatorului, intre punctele 3 si 4, refrigerantul se raceste, pastrand o presiune constanta si trece de la stadiul de vapori supraincalziti la cel de vapori saturati, schimbând exclusiv CALDURA SENSIBILA cu mediul.

In a doua parte a condensatorului, intre punctele 4 si 5, refrigerantul trece de la stadiul de vapori saturati (Titlul = 100) la stadiul de lichid (Titlul = 0), schimbând exclusiv CALDURA LATENTA cu mediul. In timpul acestei transformari de faza (gaz / lichid), presiunea ramane constanta. La fluidele pure sau la amestecurile azeotrope ramane constanta si temperatura.

In ultima parte a condensatorului, intre punctele 5 si 6 , lichidul se raceste in continuare (cu 5÷7 C), trecand in stadiul de lichid subracit. In acest moment se schimba exclusiv CALDURA SENSIBILA.

DECI: in condensator avem doua tipuri de schimb de caldura:

- (3-4) – sensibila (racirea vaporilor supraincalziti), ce reprezinta 20-30% din totalul schimbului de caldura

- (4-5) – latentă (condensarea), care reprezinta 60-70% din totalul schimbului Q

- (5-6) – sensibila (subracire), 10% din totalul Q

Subracirea (5-6) este o componenta importanta a ciclului , deoarece evita ca pierderile de sarcina dintre punctele 6 si 6.1 sa aduca fluidul refrigerant la un titlu mai mare de 0 (sa avem si vapori in componenta acestuia). Valva termostatica lucreaza corect numai cu agent frigorific in stare lichida.

Intre punctele 6 si 7 are loc EXPANSIUNEA refrigerantului, adica trecerea acestuia de la presiunea de condensare la presiunea de vaporizare, temperatura ramanand constanta. ($P = 4\div 6$ bar, $T = 0^{\circ}\text{C}$, $T_e = 35^{\circ}\text{C}$).

Expansiunea are loc in valva termostatica, in organul de laminare (tubul capilar) si in mai mica masura datorita pierderilor de sarcina pe teville dintre CONDENSATOR si EVAPORATOR.

La intrarea in EVAPORATOR, refrigerantul are un titlu mai mare de 0. O cantitate de 5÷10% din refrigerant se transforma in vapori la trecerea prin tubul capilar.

In prima parte a EVAPORATORULUI , intre punctele 7 si 8 , se vaporizeaza intreaga cantitate de refrigerant, avand loc un schimb exclusiv de caldura latentă ($P = 4\div 6$ bar, $T = 0^{\circ}\text{C}$).

In ultima parte a evaporatorului, intre punctele 8-9, refrigerantul se incalzeste (cu 2÷10 C), trecand din stadiul de vapori saturati in cel de vapori supraincalziti. Se schimba exclusiv caldura sensibila. Acest proces are rolul de a preveni ajungerea in compresor a refrigerantului lichid, care ar duce la defectarea acestuia. Caldura schimbata in evaporator este data de diferenta de entropie dintre punctele 9 si 1.

Intre punctele 9 si 1 avem pierderi de sarcina (presiune) pe conductele de legatura dintre iesirea din evaporator si aspiratia compresorului.

REZUMAND, vom avea urmatoarele faze:

a. 1-2 – COMPRESIA , $P = 15\div 19$ bar, $T = 70\div 120$ C

In aceasta faza se consuma energie electrica de catre compresor pentru a aduce refrigerantul in conditii de presiune care sa permita condensarea acestuia .

Refrigerantul se afla in stare de vapori supraincalziti.

b. 2-3 – PIERDERI DE SARCINA, pe conductele de legatura dintre refularea compresorului si intrarea in condensator. Are loc o scadere a energiei potentiale a refrigerantului.

c. 3-4 – RACIREA VAPORILOR SUPRAINCALZITI; refrigerantul este adus in stare de vapori saturati pentru a permite efectuarea condensarii. Se schimba

- cu mediul exclusiv caldura sensibila, 20-30% din totalul schimbului de caldura din condensator. $P = ct. = 15 \div 19 \text{ bar}$; T scade pana la valoarea de $50 \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$.
- d. 4-5 – CONDENSAREA ; refrigerantul trece din stare de vapori saturati ($T=100$) in stare de lichid ($T=0$). Se schimba exclusiv caldura latentă , $60 \div 70\%$ din totalul de schimb de caldura. $P = ct. = 15 \div 19 \text{ bar}$; $T = ct.$ – la fluidele azeotropice. La fluidele zeotropice diferenta de temperatura este de 7°C ($R-407 \text{ c}$).
 - e. 5-6 – SUBRACIREA; refrigerantul lichid este racit pana la o valoare de $T=40^\circ\text{C}$, pentru a avea siguranta ca pierderile de sarcina sa se minimizeze. Acest fenomen favorizeaza functionarea valvei termostactice ($P=15 \div 19 \text{ bar}$, $T=40^\circ \text{C}$).
 - f. 6-6/1 – PIERDERI DE SARCINA intre condensator si valva termostatica.
 - g. 6-7 – EXPANSIUNEA; in aceasta faza se realizeaza trecerea refrigerantului de la presiunea de condensare la presiunea de vaporizare. Operatiunea se realizeaza in valva termostatica, in tubul capilar si in teville de legatura dintre UE si UI. $P=4 \div 6 \text{ bar}$, $T=0^\circ \text{C}$.
In tubul capilar se realizeaza inceperea transformarii de faza lichid / vapori. Titlul fluidului este aproximativ 10 la intrarea in evaporator.
 - h. 7-8 – VAPORIZAREA; se realizeaza trecerea intregii cantitati de fluid din stare lichida in stare de vapori saturati. ($T = 100$) $P=ct.= 4 \div 6 \text{ bar}$; $T = ct.= 0 \div 30^\circ\text{C}$, la fluidele azeotropice. Se schimba exclusiv caldura latentă.
 - i. 8-9 – SUPRAINCALZIRE ; in partea finala a evaporatorului, vaporii saturati se incalzesc cu $2 \div 7^\circ \text{C}$ si devin vapori supraincalziti. Se schimba exclusiv caldura sensibila. Aceasta faza are rolul de a nu permite ca refrigerantul lichid sa ajunga in compresor (datorita pierderilor de sarcina dintre punctul 9 si 1) . Agentul frigorific ajuns in faza lichida in compresor, provoaca distrugerea acestuia, datorita faptului ca lichidul este incompresibil. $P = 4 \div 6 \text{ bar}$; $T=8 \div 10^\circ\text{C}$.
 - j. 9-1 – PIERDERI DE SARCINA intre evaporator si aspiratia compresorului. Acestea provoaca o crestere a energiei consumate de compresor ptr.a aduce refrigerantul in conditii de efectuare a transformarii de faza vapori / lichid.

D.4. EFICIENTA CICLULUI FRIGORIFIC : **EER** si **COP**

Definitie : este raportul intre efectul util obtinut si puterea neta consumata pe ciclu de functionare.

REGIM DE RACIRE : $EER = P_{ev} / E^*$ (kw/kw)

EER –rata de eficienta energetica

P_{ev} – puterea data de evaporator

E^* - puterea absorbita de compresor, in regim "vara"

REGIM DE INCALZIRE : $COP = P_{con} / A_i$ (kw/kw)

COP – coeficientul de performanta

P_{con} - puterea data de condensator

A_i – puterea absorbita de compresor, in regim "iarna"

Din diagrama presiune / entalpie vom obtine:

$$EER = \frac{H_9 - H_7}{H_2 - H_1} \qquad COP = \frac{H_3 - H_6}{H_2 - H_1}$$

Dar, dupa cum se vede in diagrama din fig. 4 :

$$(H_3 - H_6) = (H_9 - H_7) + (H_2 - H_1)$$

De aici rezulta :

$$\text{COP} = \frac{(H_9 - H_7) + (H_2 - H_1)}{H_2 - H_1} = \text{EER} + 1$$

Aceasta relatie matematica face referire la un ciclu frigorific ideal. In realitate , la un ciclu frigorific trebuie sa tinem cont de urmatoarele:

- eficienta schimbatoarelor
- pierderile de sarcina
- randamentul compresorului

Functie de temperaturi vom avea urmatoarele relatii:

$$\text{EER} = \frac{T_F}{T_C - T_F} \quad \text{COP} = \frac{T_C}{T_C - T_F}$$

T_F –temperatura sursei reci (evaporator)

T_C – temperatura sursei calde (condensator)

Din diagrama presiune / entalpie (Fig. 4) , raportandu-ne la aceleasi puncte si tinand cont si de randamentul compresorului, vom obtine:

$$\text{EER} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot \eta_{\text{comp}} \quad \text{COP} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \cdot \eta_{\text{comp}}$$

η_{comp} – randamentul compresorului

D.5. CLASIFICAREA MASINILOR FRIGORIFICE

Aceasta se realizeaza functie de tipologia raportului surse / medii (cald si rece

D.5.1. EXPANSIUNE DIRECTA – cazul in care sursa rece (regim vara) sau calda (regim iarna) este aerul din interiorul camerelor pe care le climatizam, transferul de caldura facandu-se direct intre acesta si refrigerant prin intermediul vaporizatorului (vara) sau condensatorului (iarna). Vezi fig. 5 .

Conditionatoarele cu expansiune directa mai sunt denumite si Conditionatoare Autonome, deoarece contin toate elementele unui sistem frigorific, spre deosebire de racitoare de lichid. Cel mai edificatory exemplu este sistemul SPLIT compus din doua unitati – EXTERNA si INTERNA.

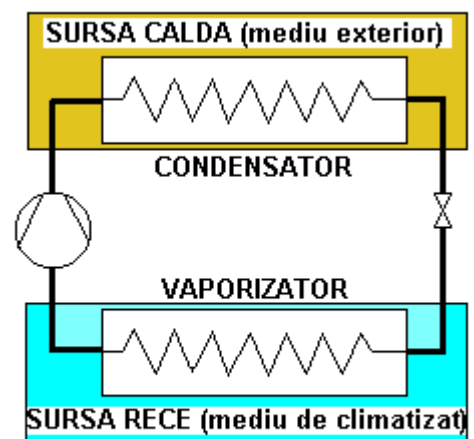


Fig. 5

D.5.2. EXPANSIUNE INDIRECTA (RACITOR DE LICHID sau GRUP FRIGORIFIC) - In acest caz apare un fluid intermediar – APA - care este sursa rece (regim vara), sau sursa calda (regim iarna). Apa este racita in Grupul Frigorific(Chiller) si este transmisa prin intermediul Grupului de Pompe la Terminale (ventilo-convectoare sau centrale de climatizare), unde are loc un al doilea schimb de caldura APA / AER (Fig.6)

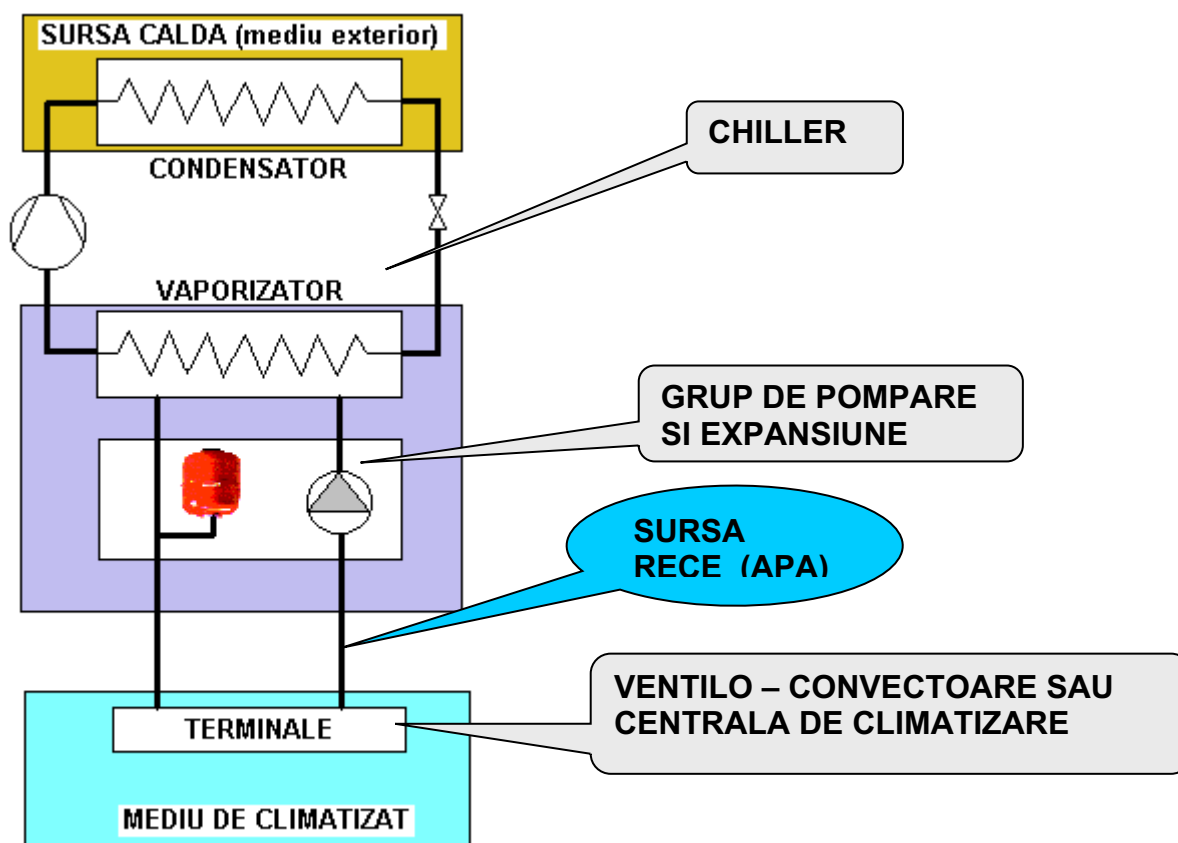


Fig. 6

DIFERENTE INTRE CONDENSAREA CU AER SI CONDENSAREA CU APA

- a. – AVANTAJELE CONDENSARII CU APA – rezultate mai bune din urmatoarele motive:
- a.1.- schimbatoarele de caldura refrigerant / apa au un randament mai bun si gabarit mai redus. La aceeasi temperatura a sursei externe (reci / calde), temperatura de condensare la schimbatoarele refrigerant / apa este cu circa 10°C mai mare decat la schimbatoarele refrigerant / aer. Rezulta un consum energetic mai redus.
 - a.2.- in functionarea pe sistem „Pompa de caldura“, temperatura apei este superioara celei a aerului si nu sunt necesare ciclurile de dezghetare. Rezulta deci consumuri energetice mai mici, deoarece nu mai este folosita caldura din interior pentru dezghetarea unitatii externe.
 - a.3.- conditionatoarele cu expansiune directa au limitata distanta dintre U.I. / U.E., astfel:
 - Lech = 40 m, randamentul scade cu 10%
 - Lech = 120m, randamentul scade cu 25%
 - Lech = reprezinta lungimea echivalenta a circuitului frigorific. In general este de 3-4 ori mai mare decat lungimea reala.
 - a.4- controlul temperaturii ambientale este mai bun datorita posibilitatii de montare a unei vane de amestec modulante.

1 cot la 90° = 2m
 1 robinet = 8m
 1 valva sens = 9m

- a.5. –conditionatoarele cu expansiune directa de uz curent tind sa scada mult nivelul umiditatii relative din incaperi (senzatie de uscaciune a aerului), cu consecinte in confortul oamenilor.
- a.6 – conditionatoarele cu expansiune directa nu pot sa lucreze cu un aport de aer proaspat din exterior mai mare de 20-30% din debitul de refulare al acestora, in vreme ce la cele cu expansiune indirecta acest aport nu este limitat.

b. –DEZAVANTAJE ALE CONDENSARII CU APA

- b.1. –complexitate mai mare a echipamentelor
- b.2. – aerul este gratuit, apa nu este, rezulta costuri suplimentare
- b.3. – trebuie sa adaugam la consumul energetic si pe cel necesar pentru pomparea apei in circuit
- b.4. – flexibilitatea mai mica fata de sistemele cu expansiune directa (condensare cu aer)
- b.5. – sunt necesare 2 schimburi de caldura: -refrigerant / apa
-apa / aer ambiental, cu consecinte de pierderi energetice suplimentare

CLASIFICARE FUNCTIE DE TIPUL FLUIDULUI TRATAT

FLUIDUL TRATAT (vazut dinspre mediul extern)	FLUIDUL TRATAT (vazut dinspre instalatie)	
	AER	APA
AER	■ CONDITIONATOARE AER / APA ● monobloc : 4÷40 kw ● 2 unitati : 4÷125kw ■ ROOF-TOP AER / APA 25÷190 KW	GRUPURI FRIGORIFICE AER / APA ● monobloc ▪ ventilator axial :4÷2100 kw ▪ vent.cent.: 4÷300 kw ● doua unitati ▪ vent.axial : 4÷3500kw ▪ vent.cent. : 4÷300 kw)
APA	■ CONDITIONATOARE APA / AER ● monobloc: 4÷170 kw	GRUPURI FRIGORIFICE APA/AER ● monobloc:4÷3500 kw

D.6. PERSPECTIVE

D.6.1.RECUPERARE TERMICA

Circuitul frigorific transfera caldura de la o sursa rece la o sursa calda. In regim “vara”, aceasta caldura se disperseaza in exterior, in mod obisnuit. Exista sisteme care recupereaza caldura dispersata in timpul procesului de condensare. Aceasta caldura poate fi folosita pentru prepararea apei calde menajere. Sunt doua tipuri de sisteme:

a.- cu recuperare partiala, de circa 20 - 30% din totalul puterii frigorifice. In acest caz se recupereaza caldura cedata in timpul fazei de racire a vaporilor supraincalziti in condensator (faza 3-4 din diagrama presiune / entalpie – v. fig.4). Se recupereaza exclusiv caldura sensibila.

b.-cu recuperare totala, cand se recupereaza toata caldura din timpul procesului de condensare (fazele 3 - 4; 4 - 5; 5 - 6). Schimbatorul este special conceput si inlocuieste complet condensatorul. Se recupereaza atat caldura sensibila cat si cea latentă.

D.6.2.CONCEPTUL DE RACIRE LIBERA (DIRECTA) (FREE-COOLING)

Se foloseste in general in sisteme (ambiente) tehnologice, unde chiar si pe timp de iarna este necesara racirea aerului. Sunt doua tipuri de astfel de sisteme:

- a. – direct - cu aer prelevat din exterior, care este amestecat cu aerul intern, astfel incit sa se obtina o temperatura dorita.
- b. – aerul extern raceste apa dintr-un circuit, inainte ca aceasta sa fie introdusa intr-un evaporator pentru a raci mediul ambient.