

**ECHIPAMENTE ȘI SISTEME
PENTRU VENTILAREA
ȘI CLIMATIZAREA CLĂDIRILOR**

Note de curs

Şef Lucr. dr. ing. Ilinca NĂSTASE
As. Univ. dr. ing. Cristiana CROITORU

ECHIPAMENTE ŞI SISTEME PENTRU VENTILAREA ŞI CLIMATIZAREA CLĂDIRILOR

Note de curs



EDITURA UNIVERSITARĂ
Bucureşti, 2012

Redactor: Gheorghe Iovan
Tehnoredactor: Ameluța Vișan
Coperta: Angelica Mălăescu

Editură recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice (C.N.C.S.)

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

NĂSTASE, ILINCA

**Echipamente și sisteme pentru ventilarea și climatizarea
clădirilor** / Ilinca Năstase, Cristiana Croitoru. - București : Editura
Universitară, 2012

Bibliogr.

ISBN 978-606-591-515-2

I. Croitoru, Cristiana

628.83

628.87

DOI: (Digital Object Identifier): 10.5682/9786065915152

© Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate, nicio parte din această lucrare nu poate
fi copiată fără acordul Editurii Universitare

Copyright © 2012
Editura Universitară
Director: Vasile Muscalu
B-dul. N. Bălcescu nr. 27-33, Sector 1, București
Tel.: 021 – 315.32.47 / 319.67.27
www.editurauniversitara.ro
e-mail: redactia@editurauniversitara.ro

Distribuție: tel.: 021-315.32.47 / 319.67.27 / 0744 EDITOR / 07217 CARTE
comenzi@editurauniversitara.ro
O.P. 15, C.P. 35, București
www.editurauniversitara.ro

CUVÂNT ÎNAINTE

De-a lungul anilor perspectiva asupra instalațiilor de ventilare-climatizare a suferit numeroase modificări. Dacă inițial a ventila o clădire însemnă a controla debitul de aer generat de infiltrații cu scopul de a conserva energia interioară, mai apoi s-a observat că reducerea acestor infiltrații a dus la probleme acute legate de calitatea aerului interior. Astfel, introducerea unui aer tratat în interiorul clădirii a rezolvat acest gen de probleme, dar noile preocupări în ceea ce privește economia de energie ne-au adus în ziua de astăzi la o reabordare a conceptului de ventilare și climatizare a unei clădiri. Mai mult, în contextul schimbărilor climatice actuale, echiparea unei clădiri cu instalații de ventilare și climatizare nu mai este un plus de confort, ci o necesitate. Iată că ajungem să fim nevoiți nu numai să respectăm reguli clare de concepție, ci să ne adaptăm continuu cerințelor.

O pregătire temeinică a viitorilor ingineri în acest domeniu face parte din atribuțiile noastre didactice, iar un suport scris pentru curs ajută deopotrivă studentul și cadrul didactic.

Lucrarea se adresează studenților din ani terminali, fiind note de curs necesare unei mai bune înțelegeri a materiei. Sunt prezente zece capitole, urmărind fișa disciplinei din cadrul curriculumului Facultății de Inginerie a Instalațiilor.

CUPRINS

| | |
|---|-----|
| Cuvânt înainte | 5 |
| 1. Generalități | 9 |
| 2. Schema generală a unei instalații de ventilare (condiționare) | 16 |
| 3. Difuzia și mișcarea aerului în încăperi | 19 |
| 3.1. Strategii de difuzie și ventilare a aerului în încăperi | 19 |
| 3.2. Generalități despre curgerile de aer de tip jet | 23 |
| 3.3. Guri de aer | 31 |
| 4. Conducte de aer și accesorii | 41 |
| 4.1. Concepția, dimensionarea conductelor de aer | 43 |
| 4.2. Calculul de dimensionare al conductelor de aer | 52 |
| 4.3. Accesorii pentru controlul și reglarea sistemului | 59 |
| 4.4. Echilibrarea hidraulică a rețelelor la punerea în funcțiune | 61 |
| 5. Centrale de tratare a aerului - CTA | 64 |
| 5.1. Tipuri de centrale de tratare | 64 |
| 5.2. Echipamente componente ale centralelor de vehiculare și climatizare: filtre de praf, baterii de încălzire, baterii de răcire, umidificatoare cu apă și cu abur, ventilatoare, recuperatoare de căldură. | 68 |
| 6. Ventilarea clădirilor de locuit - Sisteme de ventilare naturală și mecanică | 115 |
| 6.1. Ventilarea naturală | 115 |
| 6.2. Ventilarea mecanică | 126 |
| 7. Particularități ale sistemelor de ventilare industrială | 130 |
| 7.1. Principii ale ventilării naturale; ventilarea naturală a halelor industriale | 130 |
| 7.2. Sisteme locale de ventilare | 130 |

| | |
|--|-----|
| 8. Scheme tehnologice de automatizare a instalațiilor | 143 |
| 8.1. Scheme de automatizare ale instalațiilor de ventilare mecanică simplă | 143 |
| 8.2. Scheme de automatizare a instalațiilor de climatizare ... | 140 |
| 8.3. Scheme de automatizare a unei instalații ce funcționează cu punct de rouă constant | 141 |
| 9. Sisteme de climatizare în clădiri terțiare | 150 |
| 9.1. Sisteme “numai aer” cu unul sau două conducte de aer, cu debit constant sau variabil | 152 |
| 9.2. Sisteme “aer-apă” cu ventiloconvectoare/climaconvectoare | 162 |
| 9.3. Sisteme locale de climatizare (aparate de fereastră, dulapuri de climatizare) | 165 |
| 10. Instalații de desfumare | 169 |
| 10.1. Principii de funcționare, concepția și dimensionarea unui sistem | 169 |
| 10.2. Dispozitive speciale | 173 |
| Bibliografie | 175 |
| Anexa I - Diagrama aerului umed | 179 |
| Anexa II - Terminologie utilizată conform I5/2010 | 180 |
| Anexa III - Temperaturi operative de confort (după SR EN 15251:2007) | 183 |

1. GENERALITĂȚI

Instalațiile de ventilare și condiționare au ca scop asigurarea calității aerului interior, din punct de vedere al purității sale, menținerea unui ansamblu de parametri (temperatură interioară, medie de radiație, operativă; umiditate aer; viteză de circulație aer; gradient de temperatură) în limitele bine definite prin SR EN 7730 ȘI SR EN 15251, sau a condițiilor de climat interior cerute de diverse procese tehnice. Astfel putem distinge între instalații de *ventilare*, de *climatizare* și de *condiționare*.

Ventilarea este procesul prin care intră (natural sau forțat) aer proaspăt (exterior) în încăperi și prin care, din încăperi se elimină (natural sau forțat) aerul poluat. Astfel se realizează diluarea/eliminarea poluanților interiori: umiditate, gaze, vapori, praf, fapt ce constituie funcția (obiectivul) ventilării. Prin ventilare se asigură **calitatea aerului interior** (limitarea concentrației poluanților și a dozelor admise de poluanți).

Climatizarea este procesul prin care în interiorul încăperilor se asigură o temperatură controlată a aerului, indiferent de procesele termice din interiorul sau din exteriorul clădirii. Climatizarea presupune încălzirea și răcirea controlată a spațiilor. Prin climatizare se urmărește realizarea **confortului termic** al ocupanților din încăperi.

Condiționarea aerului este procesul prin care se realizează controlul temperaturii, umidității, vitezei și de cele mai multe ori și a purității aerului interior. Termenul este utilizat în special pentru încăperi cu condiții tehnologice speciale.

Realizarea acestor cerințe contribuie la menținerea unor ambianțe interioare sănătoase, a capacității de muncă, la înlăturarea îmbolnăvirilor profesionale, la ridicarea productivității muncii, și a gradului de satisfacție al ocupanților clădirilor de locuit, terțiare sau industriale.

Sistemele de ventilare au rolul de a introduce/extrage aerul în/din încăperi, pentru a asigura calitatea necesară a aerului interior. Aerul introdus poate fi aer proaspăt sau aer transferat.

După diferite criterii, instalațiile de ventilare se pot clasifica în mai multe tipuri (Figura 1). În funcție de energia care asigură deplasarea aerului, ventilarea poate fi naturală, mecanică, sau hibridă.

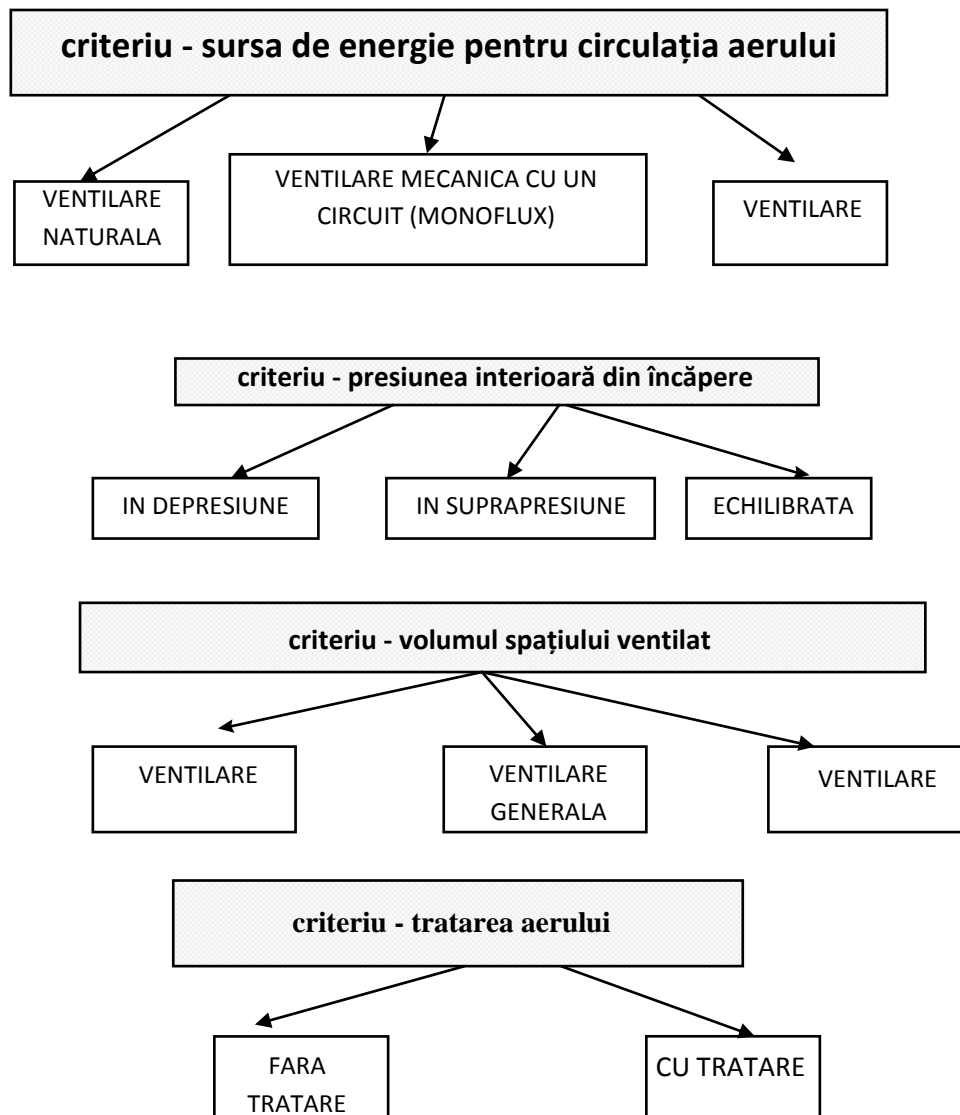


Figura 1 - Clasificarea instalațiilor de ventilare după I5/2010

Ventilarea naturală se realizează datorită diferențelor de presiune dintre interiorul și exteriorul clădirii, create de factori naturali: diferențe de temperatură și vânt.

Ventilarea naturală poate fi organizată sau neorganizată. În cazul ventilării organizate, sistemul de ventilare (deschideri, conducte) este conceput pentru a realiza cerințele de calitate a aerului interior. Ventilarea neorganizată, numită și aerisire, se face ca urmare a neetanșeităților clădirii sau prin deschiderea ferestrelor.

Ventilarea mecanică se realizează prin mijloace mecanice (ventilatoare). În cazul ventilării hibride, pe circuitul de evacuare naturală, mijloacele mecanice sunt puse automat în funcțiune dacă factorii naturali nu pot asigura tirajul.

În funcție de numărul de circuite instalațiile de ventilare se clasifică în instalații cu un circuit (mono-flux sau instalație mixtă) sau cu două circuite (dublu flux).

La instalațiile cu un circuit se asigură vehicularea mecanică a aerului pe circuitul de introducere sau de evacuare a aerului. La instalațiile cu două circuite atât introducerea cât și evacuarea aerului se realizează mecanic.

În cazul ventilării hibride, aceasta este o ventilare naturală la care au fost introduse și mijloacele mecanice care intră în funcțiune numai atunci când diferențele de presiune create de factorii naturali sunt insuficiente pentru realizarea debitului de aer necesar.

În funcție de presiunea aerului din interiorul încăperilor, în raport cu presiunea exterioară acestora, instalațiile sunt în suprapresiune, în depresiune sau echilibrate. Instalațiile de ventilare mecanică cu un circuit sunt sau în depresiune (cu circuit mecanic de aspirație) sau în suprapresiune (cu un circuit mecanic de introducere). Instalațiile cu două circuite pot fi în depresiune dacă debitul introdus mecanic este mai mic decât cel evacuat, în suprapresiune dacă debitul introdus mecanic este mai mare decât cel evacuat sau echilibrate, dacă cele două debite sunt egale.

După volumul spațiului ventilat de instalație, se poate realiza o ventilare locală (de exemplu prin aspirație locală) sau generală. Prin folosirea ventilării locale împreună cu ventilarea generală, se obține ventilarea combinată.

După modul de tratare a aerului, ventilarea poate fi simplă (fără tratare) sau cu tratare; tratarea aerului poate fi simplă sau complexă.

Pentru zona ocupată din încăperile civile, normativul I5/2010 stabilește patru categorii de calitate a aerului interior (IDA1 – IDA4), prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1 - Categoriile de calitate a aerului interior (din SR EN 13779:2005)

| Clasa de calitate a aerului interior | Descriere |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| IDA 1 | Calitate ridicată a aerului interior |
| IDA 2 | Calitate medie a aerului interior |
| IDA 3 | Calitate moderată a aerului interior |
| IDA 4 | Calitate scăzută a aerului interior |

Încadrarea în categoriile IDA menționate, se face în funcție de destinația clădirii, de activitatea din încăperi, de tipul surselor de poluare.

Astfel, pentru clădirile civile în care principala sursă de poluare o reprezintă bioefluenții emiși de oameni, calitatea aerului în încăperile în care nu se fumează, se clasifică după concentrația de bioxid de carbon acceptată la interior, peste concentrația exterioară, conform Tabelului 2.

Tabelul 2 - Categoriile de calitate a aerului interior în funcție de concentrația de CO₂ peste nivelul exterior (din SR EN 13779:2005)

| Categorie | Nivelul de CO ₂ peste nivelul din aerul exterior, în ppm | |
|-----------|---|--------------------|
| | Domeniu tipic | Valoare prin lipsă |
| IDA 1 | ≤ 400 | 350 |
| IDA 2 | 400 – 600 | 500 |
| IDA 3 | 600 – 1000 | 800 |
| IDA 4 | ≥ 1000 | 1200 |

În cazul instalațiilor de ventilare reglate în funcție de concentrația de CO₂ din aerul interior sau în aerul evacuat, acest criteriu va sta la baza reglării instalațiilor de ventilare funcție de prezența umană, în vederea menținerii categoriei de calitate a aerului.

În funcție de degajările de poluanți din încăperile civile, clădirile se clasifică în: clădiri foarte puțin poluante, clădiri puțin poluante și clădiri poluante.

Sistemele de climatizare au drept scop realizarea unei ambianțe interioare care să răspundă condițiilor de calitate a aerului interior și de confort termic. Pentru caracterizarea ambianței interioare se stabilesc patru categorii de ambianțe notate cu clase I – IV. Din punct de vedere al calității aerului interior, clasele I – IV corespund claselor IDA1 – IDA4. Categoria I este recomandată pentru încăperi în care se află majoritar persoane cu metabolism scăzut și cu dificultăți de adaptare termică (de exemplu: persoane în vârstă).

**Tabelul 3 - Categorii de ambianță interioară
(din SR EN 15251: 2007).**

| Categoria ambianței | Caracteristici și domeniu de aplicare recomandat |
|----------------------------|---|
| I | Nivel ridicat recomandat pentru spațiile ocupate de persoane foarte sensibile și fragile, care au exigențe specifice, ca de exemplu bolnavi, persoane cu handicap, copii mici, persoane în vârstă |
| II | Nivel normal recomandat clădirilor noi sau renovate |
| III | Nivel moderat acceptabil, recomandat în clădiri existente |
| IV | Nivel în afara celor de mai sus; recomandat a fi acceptat pentru perioade limitate de timp |

Tabelul 4. Valori PMV și PPD corespunzătoare categoriei de ambianță interioară (din SR EN 15251:2007)

| Categoria de ambianță | Starea de confort termic global | |
|-----------------------|---|----------------------------|
| | Procentul de persoane nemulțumite PPD % | Votul mediu previzibil PMV |
| I | < 6 | -0,2<PMV<0,2 |
| II | < 10 | -0,5<PMV<0,5 |
| III | < 15 | -0,7<PMV<0,7 |
| IV | >15 | PMV<-0,7 sau PMV>0,7 |

Confortul termic este determinat de următorii parametri: temperatura aerului interior, temperatura medie de radiație a suprafețelor cu care corpul uman schimbă căldură prin radiație, umiditatea relativă a aerului, viteza aerului interior, izolarea termică a îmbrăcăminte, activitatea ocupanților care determină căldura degajată (metabolismul).

Confortul termic dintr-o încăpere se exprimă prin valoarea Votului Mediu Previzibil PMV în sensul definit în normativul SR EN ISO 7730:2006 care pentru fiecare categorie de ambianță trebuie să fie cuprins în plaja de valori din Tabelul 4. În anumite condiții de activitate și îmbrăcăminte, tipice unor destinații de încăperi, considerând umiditatea relativă a aerului de 50% și viteze scăzute ale aerului din încăperi, evaluarea valorilor PMV poate fi înlocuită prin calculul temperaturii operative (a se vedea anexa III pentru valori recomandate în funcție de tipul de ambianță considerat). Cu excepția cazurilor când se impune altfel, aceasta se consideră în centrul încăperii la o înălțime de 0,6 m deasupra pardoselii.

Climatizarea se poate realiza cu aparate sau agregate locale de climatizare sau prin sisteme centralizate. Sistemele centralizate de climatizare pot fi: sisteme numai aer, sisteme aer-apă sau sisteme aer-agent frigorific. Acestea pot fi monozonale (deservesc o singură

zonă termică, de volum mare sau formată din mai multe volume mici) sau multizonale.

Sistemele de climatizare numai aer se pot realiza în regim de joasă presiune sau de înaltă presiune și pot funcționa cu debit de aer constant sau variabil (sisteme VAV – *Variable Air Volume*). Sistemele de climatizare numai aer cu debit variabil sunt derivate din sistemele cu debit constant la care au fost introduse dispozitive de variație a debitului de aer care sunt guri cu debit variabil sau diverse tipuri de variatoare și ventilatoare cu debit variabil. Ele controlează temperatura aerului interior prin modificarea debitului de aer care este refulat cu temperatură constantă.

Sistemele de climatizare numai aer pot fi cu o conductă sau cu două conducte de aer de introducere. Sisteme de climatizare cu o conductă de introducere sunt realizate în următoarele variante: fără tratare zonală suplimentară, cu baterii de încălzire și/sau baterii de răcire zonale sau cu baterii de încălzire, răcire și clapete de amestec zonale și cu ventilatoare zonale. Sistemele cu două conducte de introducere sunt prevăzute cu aparate de amestec; aceste aparate pot fi locale (pentru fiecare încăpere) sau zonale (să deservească o zonă termică) și pot fi cu unul sau cu două ventilatoare de introducere.

Sistemele de climatizare aer – apă pot funcționa numai cu aer recirculat (decuplate de ventilare) sau cu aer proaspăt și recirculat. După numărul conductelor de apă, sistemele de climatizare aer – apă pot fi cu două, trei sau patru conducte.

După tipul aparatelor terminale, sistemele pot fi cu ventilo-convectoare sau cu aparate care folosesc principiul ejecției (ejectoare sau grinzi de răcire – *chilled beams*). Reglarea aparatelor terminale se poate face pe partea de aer sau de apă.

2. SCHEMA GENERALĂ A UNEI INSTALAȚII DE VENTILARE (CONDIȚIONARE)

În Figura 2 este prezentată schema de principiu a unei instalații de climatizare. instalația de climatizare se compune din: aparat (agregat) de climatizare, instalația aferentă de reglare automată, recuperator de căldură, atenuatoare de zgomot (pe refulare și evacuare), grile de refulare și aspirare a aerului introdus, respectiv evacuat, priză de aer proaspăt, gură de evacuare a aerului viciat în exterior, rețelele de canale pentru introducerea și evacuarea aerului.

Pentru a putea funcționa, instalația mai are nevoie de câte o sursă de: căldură (apă caldă, apă fierbinte, abur); frig (apă rece, apă răcită, freon); energie electrică pentru instalația de forță (antrenare ventilatoare, pompe, injectoare, recuperator de căldură, compresoare, generator de abur, servomotoare, baterii electrice etc.) și automatizare (circuite de comandă, semnalizare etc.). Aerul proaspăt este preluat din exterior prin priza de aer (PA), trecut prin recuperatorul de căldură (RC) și amestecat cu aerul recirculat din încăperea.

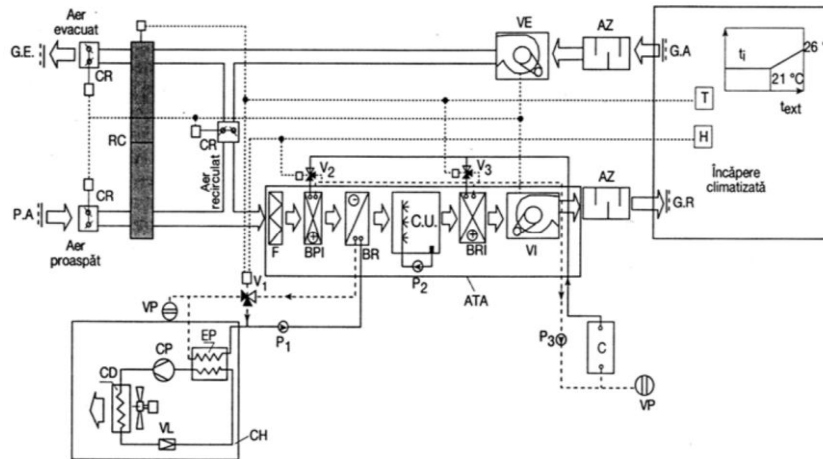
Aparatul (agregatul) de climatizare, de regulă de tip modulată, se compune din:

- filtru de aer (F) – are rolul de a reține particulele de praf din aerul exterior (proaspăt) și recirculat (aer interior);

- baterie de preîncălzire (BPI), baterie de reîncălzire (BRI) – acestea preîncălzesc și reîncălzesc, în anumite limite de temperatură, debitul total de aer al instalației de climatizare;

- camera de umidificare (CU) – are rolul de a mări conținutul de umiditate al aerului amestecat, introdus în încăperea climatizată. Această umidificare se poate face cu ajutorul unei camere de pulverizare a apei (prin pomparea acesteia în circuit închis), realizându-se o umidificare adiabatică, sau prin injectare de abur viu în curentul de aer (umidificare izotermică), abur provenit de la un

generator de abur (funcționând cu energie electrică) sau preluat dintr-o rețea de abur tehnologic. În cazul utilizării umidificării izotermice (cu abur) BRI nu mai este necesară;



ATA – aparat
de tratare aer;

T – termostat; H – higrostat;
VI – ventilator de introducere;
VE – ventilator de evacuare;
F – filtru de praf;
BPI – baterie de preîncălzire;
BRI – baterie de reîncălzire;
BR – baterie de răcire;
CV – cameră de umidificare;
C – cazan de apă caldă;
CP – compresor;
CD – condensator;
VL – ventilul de laminare;
EP – evaporator;

RC – recuperator de căldură;
CR – clapetă de reglare;
VP – vas de expansiune;
V – ventil cu trei căi;
P – pompă de circulație;
AZ – atenuator de zgomot;
PA – priză de aer;
GE – gură de evacuare în
exterior a aerului viciat;
GR – gură de refulare;
GA – gură de absorbție;
CH – aparat de răcire a apei
(chiller)

Figura 2 - Schema unei instalații de climatizare

– ventilatorul de introducere (VI) – asigură vehicularea aerului pe circuitul de refulare de la priză de aer (PA) până la gura (gurile) de introducere (GR), asigurând presiunea necesară pentru învingerea rezistențelor aeraulice din PA, RC, CA, F, BPI, BR, BRE, AZ, GR și de pe rețeaua de canale aferentă;

– ventilatorul de evacuare (VE) – asigură vehicularea aerului pe circuitul de evacuare (GA, AZ, RC, GE și rețeaua de canale aferentă). Presiunea acestui ventilator este mai mică decât a celui de introducere, deoarece rezistențele sunt mai puține.

Acționarea și reglarea diverselor elemente componente care participă la tratarea complexă a aerului sunt posibile prin folosirea unor traductoare de temperatură – termostate (T) și de umiditate – higrostate (H) montate fie în încăpere, fie pe canalul de evacuare din încăpere.