

AEROCLUBUL ROMÂNIEI



NOTE DE CURS

ale Organizației de Pregătire Aprobate (ATO)

CUNOAȘTEREA GENERALĂ A AERONAVEI



ACESTE NOTE DE CURS SUNT PROPRIETATEA AEROCLUBULUI ROMÂNIEI ȘI SUNT DEDICATE FOLOSIRII EXCLUSIV DE către personalul AEROCLUBULUI ROMÂNIEI.

Nici o parte și nici o informație din aceste Note de Curs nu poate fi reprodusă sau transmisă cu nici un scop și sub nici o formă persoanelor neautorizate fără acordul scris al AEROCLUBULUI ROMÂNIEI.

AEROCLUBUL ROMÂNIEI



APROB
DIRECTOR GENERAL
George ROTARU

NOTE DE CURS ale Organizației de Pregătire Aprobate (ATO) **CUNOAȘTEREA GENERALĂ A AERONAVEI**

Cod: AR-NCCGA-ATO
Ediția 1 – Ianuarie 2015

Controlat: Da Nu

AVIZAT

Şef Birou
Managementul Calității și Mediu
Alice IACOBESCU

VERIFICAT

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Alice Iacobescu".

Şef al Activităților de Pregătire
László FERENCI

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "László Ferencz".

ÎNTOCMIT

Sorin NUȚU

SPAȚIU LĂSAT INTENȚIONAT LIBER



Lista de evidență a amendamentelor



SPAȚIU LĂSAT INTENȚIONAT LIBER

CUPRINS

1. Celula aeronavei.....	9
1.1. Structura celulei	9
1.1.1. Componentele principale ale aeronavei:.....	9
1.1.2. Materiale de aviație	11
1.1.3. Solicitari mecanice.....	14
1.1.4. Asamblari de aviație.....	16
1.1.5. Tratamente termice	23
1.1.6. Acoperiri de suprafața	23
1.1.7. Fuzelajul, aripile, ampenajele, coada	24
1.1.8. Comenzile principale de zbor	27
1.1.9. Trimere și flapsuri	28
1.1.10. Trenul de aterizare.....	31
1.1.11. Roata de bot și direcția.....	32
1.1.12. Sistemul de frenare	36
1.2. Sistemul de ancorare	39
1.2.1. Blocarea suprafetelor de comandă.....	39
1.2.2. Ancorarea aeronavei.....	39
2. Grupul Motopropulsor.....	41
2.1. Motorul aeronavei	41
2.1.1. Principiile de bază ale motorului cu piston	41
2.1.2. Construcția generală.....	42
2.1.3. Ciclul motorului în patru timpi.....	43
2.2. Sistemul de racire al motorului.....	50
2.2.1. Racirea cu aer	50
2.2.2. Sistemul de racire	50
2.2.3. Temperatura chiușaselor cilindrilor	52
2.2.4. Ventilarea cabinei, sistemul de incalzire	53
2.2.5. Prezența monoxidului de carbon	53
2.3. Sistemul de ungere al motorului	54
2.3.1. Funcționare și metode de ungere	54
2.3.2. Proprietățile uleiului	55
2.3.3. Sisteme de ungere	55
2.3.4. Filtrele de ulei	56
2.3.5. Schimbările de ulei	58
2.3.6. Funcționarea anomală a sistemului de ungere	58
2.4. Sistemul de aprindere al motorului	60
2.4.1. Starterul (dezmărfuitor)	60
2.4.2. Cuplajul de impuls	61
2.5. Carburatorul motorului	63
2.5.1. Carburatorul cu plutitor	64
2.5.2. Pompa de repriza	65
2.5.3. Sistemul de ralanti	66
2.5.4. Controlul amestecului	67
2.5.5. Amestecuri bogate și sarace	70
2.5.6. Combustia anomală	70
2.5.7. Givrarea carburatorului	71
2.5.8. Incalzirea carburatorului	73
2.5.9. Sistemul de injecție a combustibilului	75
2.6. Combustibili de aviație	76
2.6.1. Tipuri de combustibili	76
2.6.2. Calitatea combustibilului	77
2.6.3. Managementul combustibilului	79
2.7. Sistemul de combustibil	79
2.7.1. Rezervoarele de combustibil	81
2.7.2. Pompa de injectie	82
2.7.3. Selectarea consumului de combustibil	82
2.7.4. Pompe auxiliare de combustibil	82
2.7.5. Litrometrul de combustibil	83
2.7.6. Realimentarea cu combustibil	83
2.8. Elicea	84
2.8.1. Principiu de funcționare	84
2.8.2. Momente și forțe generate de elice	88
2.8.3. Elicea cu pas fix	90
2.8.4. Elicea cu pas variabil	90



3. Sistemele aeronavei	93
3.1. Sistemul electric	93
3.1.1. Curentul continuu și curentul alternativ	93
3.1.2. Bara colectoare	94
3.1.3. Bateria	95
3.1.4. Alternatorul și generatorul	96
3.1.5. Ampermetrul	96
3.1.6. Contactul general	98
3.1.7. Alarne, disjunctoare și sigurante	99
3.1.8. Releele	100
3.1.9. Sursa externă de energie	100
3.1.10. Defecțiuni electrice	101
3.1.11. Sisteme electrice tipice	101
3.2. Sistemul de vacuum	103
3.2.1. Pompa de evacuare	104
3.2.2. Defecțiuni ale sistemului de vacuum	105
4. Instrumentele aeronavei	107
4.1. Sistemul static Pitot	107
4.1.1. Presiunea statica	107
4.1.2. Presiunea dinamica	108
4.1.3. Presiunea totala	109
4.1.4. Sistemul static pitot	110
4.2. Vitezometrul	111
4.2.1. Codarea pe culori a vitezometrului	112
4.2.2. Viteza indicata (IAS) și viteza adevarata (TAS sau V)	113
4.2.3. Sursa statica alternativa	113
4.3. Altimetrul	113
4.4. Variometrul	115
4.5. Giroscopul	116
4.5.1. Instrumentele giroscopice	116
4.5.2. Efectul giroscopic	116
4.5.3. Girosoape conduse prin vacuum	117
4.5.4. Girosoape conduse electric	117
4.6. Indicatorul de viraj și glisada	117
4.6.1. Indicatorul de viraj	117
4.6.2. Indicatorul de glisada	118
4.7. Giroorizontul	119
4.8. Girodirecionalul	120
4.8.1. Verificarea funcționării girodirecionalului	120
4.8.2. Erori ale instrumentelor giroscopice	120
4.9. Busola magnetică	121
4.9.1. Direcția	122
4.9.2. Campul magnetic al Pamantului-magnetismul terestru	122
4.9.3. Deviația compas	124
4.9.4. Modalitatea de funcționare a busolei din aeronava	124
4.9.5. Verificări ale sistemelor	125
4.9.6. Precautii în cazul obiectelor metalice din cabina	125
4.9.7. "Capriciile busolei"	126
5. Navigabilitatea aeronavei	129
5.1. Certificatul de tip	129
5.2. Certificatul de înmatriculare	129
5.3. Certificatul de Navigabilitate (CofA – Certificate of Airworthiness)	130
5.4. Manualul de zbor	131
5.5. Programul de menențanță	131
5.6. Jurnalul Tehnic de Bord	132
5.7. Certificatul de Punere în Serviciu	132
5.8. Alte documente:	132

1. Celula aeronavei

1.1. Structura celulei

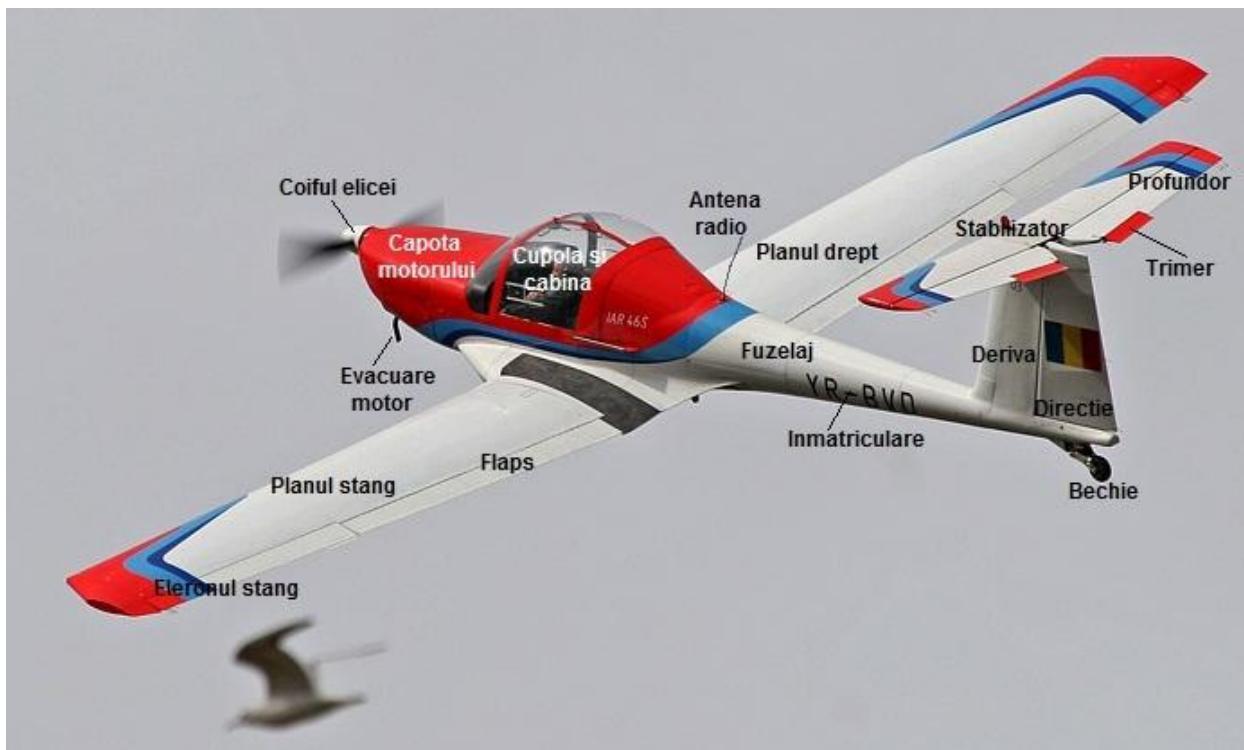


Fig. 1.1. IAR 46 S

1.1.1. Componentele principale ale aeronavei:

- fuzelajul
- aripile
- ansamblul cozii (ampenajele)
- comenzile
- trenul de aterizare
- motorul si elicea.

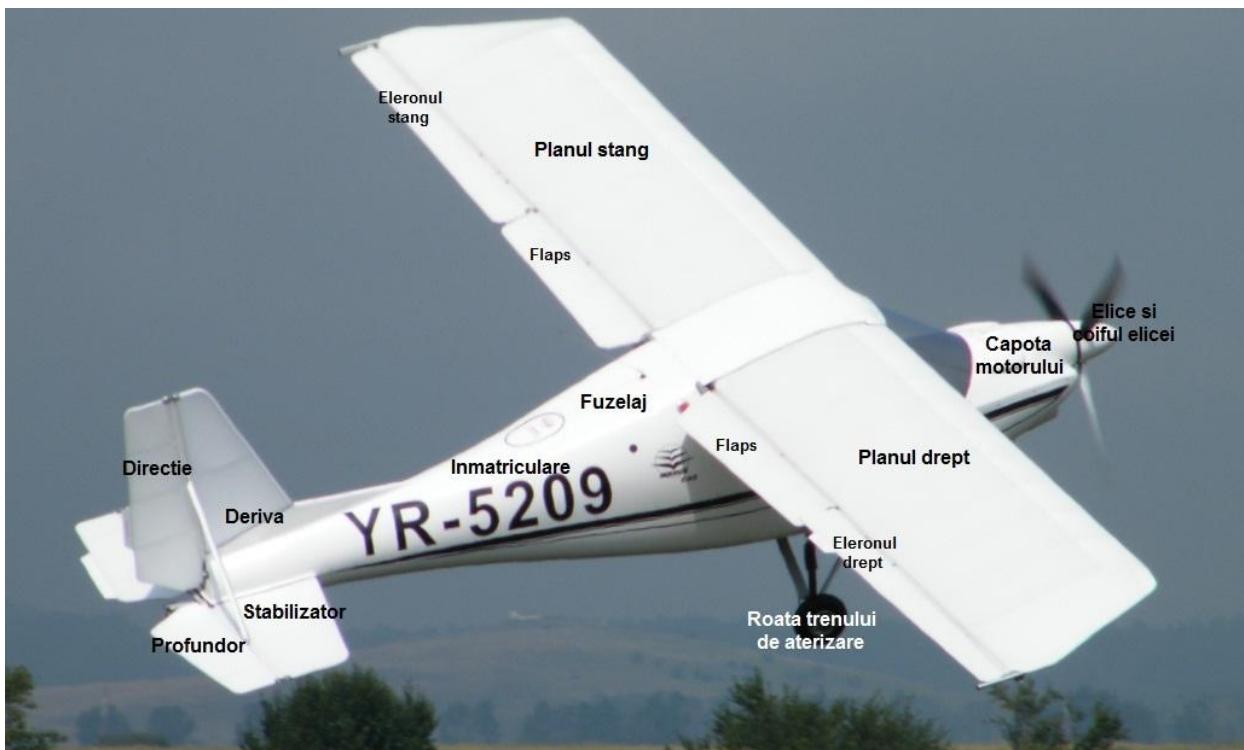


Fig. 1.2. Ikarus C 42



Fig. 1.3. Aerostar Festival (vedere din fata)



Fig. 1.4. Aerostar Festival (vedere din spate)



1.1.2. Materiale de aviație

Pentru a fi corespunzătoare pentru constructia structurii avionului, materialele trebuie să indeplinească urmatoarele condiții minime, în ordinea importanței:

- să preia sarcinile mecanice corespunzătoare elementului component al avionului;
- să aibă un raport rezistență / greutate cat mai mare;
- să nu fie inflamabile;
- să aibă stabilitate mecanică și chimică îndelungată la variația condițiilor climatice (temperatură, umiditate, diversi agenți corozivi, cum ar fi, spre exemplu, aerul salin de lângă litoral, etc.);
- să fie ușor prelucrabile;
- să aibă un preț mic (deci să existe resurse suficiente).

Lemnul

Primul material folosit în constructia avioanelor a fost lemnul.

Acesta corespunde la majoritatea condițiilor minime impuse, dar având și câteva dezavantaje, cum ar fi:

- este inflamabil;
- este sensibil la medii umede;
- incleierile cu cleiuri clasice (clei de oase, cazeina, etc.) nu au stabilitate în timp și sunt influențate de factorii atmosferici.

Pentru a îmbunătăți calitatile și a elimina aceste dezavantaje s-au impus următoarele:

- tratarea lemnului cu materiale ignifuge;
- uscarea controlată și protecția cu lacuri stabilă în timp;
- incleierea cu rasini epoxidice, stabilă în timp.

Cu aceste îmbunătățiri, lemnul este folosit și astăzi în constructia structurii avioanelor sau a elementelor de structură, fiind alese diferite esente după destinația componentelor (bradul de rezonanță pentru elemente de structură; fagul, carpenele, bambusul sau ulmul pentru elemente de rezistență; balsa pentru umpleri sau acoperiri de suprafețe portante, teiul pentru piese cu forme complexe, fiecare esenta având avantaje și dezavantaje specifice).

Materiale metalice

Otelurile

Otelurile sunt aliaje fier-carbon.

$$\sigma = 1000 - 1400 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 7,8 \text{ kg/dm}^3$$

Se aliază cu Ni, Cr, Mo (INOX), precum și cu Mn, W, Va.

Otelurile înalt aliate folosite pentru fabricarea pieselor de înaltă rezistență (bolțuri sau feruri de prindere a semiplanurilor aripiei, ampenajelor, sistemului de propulsie sau trenului de aterizare pe fuselaj).

Otelurile slab aliate sub formă de tevi sudabile se folosesc pentru structuri tip "grinda cu zăbrele" (folosite la constructia fuselajului, cadrului de montare a motorului sau a trenului de aterizare).

Aliajele de aluminiu

$$\sigma = 250 - 420 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 2,7 \text{ kg/dm}^3$$

Pentru raportul rezistenta / greutate foarte bun, aliajele de aluminiu se folosesc pe scara foarte larga in constructia avionului.

Elementele de structura se fabrica din aliaje tip DURAL (aliat cu Cu, Mg, Mn), sub forma de bare sau profile complexe extrudate, formate la rece sau cald, placi sau table, elemente de asamblare (nituri).

Pieselete componente pentru motor se fabrica din aliaje de turnare de tip SILUMIN (aliat cu Si, Mn).

Magneziul

$$\sigma = 180 - 250 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 1,7 \text{ kg/dm}^3$$

Magneziul este metalul cu cel mai mare raport rezistenta / greutate dar, avand dezavantajul ca este foarte inflamabil, nu mai este folosit decat in aliaje ale aluminiului.

Titaniul

$$\sigma = 350 - 800 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 4,5 \text{ kg/dm}^3$$

Se aliaza cu Al, Mo, Va, Mn, Cr etc.

Titaniul este urmatorul dupa aluminiu ca raport rezistenta / greutate, dar are rezistente comparabile cu ale otelurilor mediu aliate.

Este folosit la piesele de rezistenta medie si inalta (jonctiuni, piese ale trenului de aterizare), dar si la piesele de motoare turboreactoare sau la structuri destinate avioanelor supersonice, avand o foarte buna comportare la temperaturi mari.

Are dezavantajul ca este un metal rar, deci este relativ scump.

Materiale compozite

Materialele compozite sau fibrele ranforsate cu rasini (NEXTRAPOL) sunt materiale de ultima generatie folosite la constructia structurilor de aviatie datorita avantajelor sale, care sunt:

- rezistenta mecanica buna;
- stabilitate chimica foarte buna;
- sunt neinflamabile;
- pret scazut;
- tehnologie ieftina de fabricatie a structurilor de aviatie (SDV-istica ieftina).

Dar au si unele dezavantaje, cum ar fi:

- vulnerabilitate la temperaturi mari sau la variatii bruste de temperatura;
- fabricatie in mediu foarte bine controlat (umiditate si mai ales temperatura);
- comportare rea antistatica (se incarcă cu energie electrica statica necesitand precautii la alimentarea cu combustibil).

Acestea sunt:

- fibre de sticla ranforsate (GFRP = Glass Fiber Reinforced Plastics);
- fibre de carbon ranforsate (CFRP = Carbon Fiber Reinforced Plastics);
- fibre tip KEVLAR;
- combinatii de cele trei.



Materiale plastice

Materialele plastice sunt din ce în ce mai folosite în construcția avioanelor (pentru început la piese fără rol de preluare a sarcinilor mecanice, dar în ultimul timp se folosesc și la învelisuri de suprafete portante, piese de rezistență mecanică mică sau piese de motor), datorită avantajelor:

- stabilitate chimică foarte bună;
- prelucrabilitate foarte bună și ieftină;
- preț foarte mic.

Dar au și anumite dezavantaje cum ar fi:

- inflamabilitate mare;
- instabilitate la temperaturi mari.

Materiale spongioase sau structuri de tip "fagure"

Materialele spongioase (spume poliuretanice) se folosesc la umplerea sau rigidizarea pieselor de structură. Acestea sunt foarte usoare (conțin mult aer în structură) și se aplică foarte usor (sub forma de spray).

Structurile de tip "fagure" au, de asemenea, o greutate foarte mică și o rezistență mecanică foarte bună. Se folosesc la pereti despartitori sau chiar la învelisuri portante.

Cauciucuri (elastomeri)

Cauciucurile se folosesc la construcția diverselor componente ale avionului cum ar fi:

- anvelope și camere de aer;
- conducte flexibile (de combustibil, ulei, lichid hidraulic, aer, vacuum, oxigen etc.);
- garnituri de etansare (inele "o"-ring, simeringuri, membrane, burdufuri etc.)
- elemente de amortizare (puferi, bucse elastice de montare ale motorului etc.)

Deoarece cauciucul în timp își pierde calitățile, anumite componente vitale de cauciuc (diverse conducte, simeringuri etc.) se schimbă la intervale de timp prestabilite (de regulă, la 5 ani).

Trebuie avută în vedere vulnerabilitatea cauciucului la uleiuri și grasimi (anvelopele sau bucsele elastice de montare ale motorului nu trebuie să fie contaminate cu uleiuri).

Diverse materiale

cum ar fi:

- plexiglass-ul se folosește la construcția cupolei (nu se folosește geamul de sticlă la avion);
- panza se folosește la acoperirea diferențelor suprafete portante;
- lacurile se folosesc la lipirea și întinderea panzei;
- vopsele, grunduri etc.

1.1.3. Solicitari mecanice

Pentru a intinge comportarea avionului din punct de vedere al rezistenței mecanice a structurii, să ne reamintim principalele solicitari mecanice ale pieselor.

Din punct de vedere al formei, piesele se clasifică în:

- bare: piese la care una din dimensiuni este predominantă;
- placi sau table: piese la care două dimensiuni sunt predominante;
- piese masive: piese la care cele trei dimensiuni sunt comparabile.

Să analizăm, în continuare, principalele solicitari mecanice ale barelor. Acestea sunt:

- **intinderea sau compresiunea (+flambajul).** La aceste solicitari forța acionează în lungul barei, pe direcția opusă încastrării, în cazul întinderii, sau spre încastrare, în cazul compresiunii. În cazul compresiunii, bara poate pierde stabilitatea formei, aparand flambajul.
- **forfecarea.** În cazul forfecării există o pereche de forțe (egale ca mărime, cu aceeași direcție dar cu sensuri opuse și care acionează pe direcții puțin diferite, având între ele un mic interstitiu)

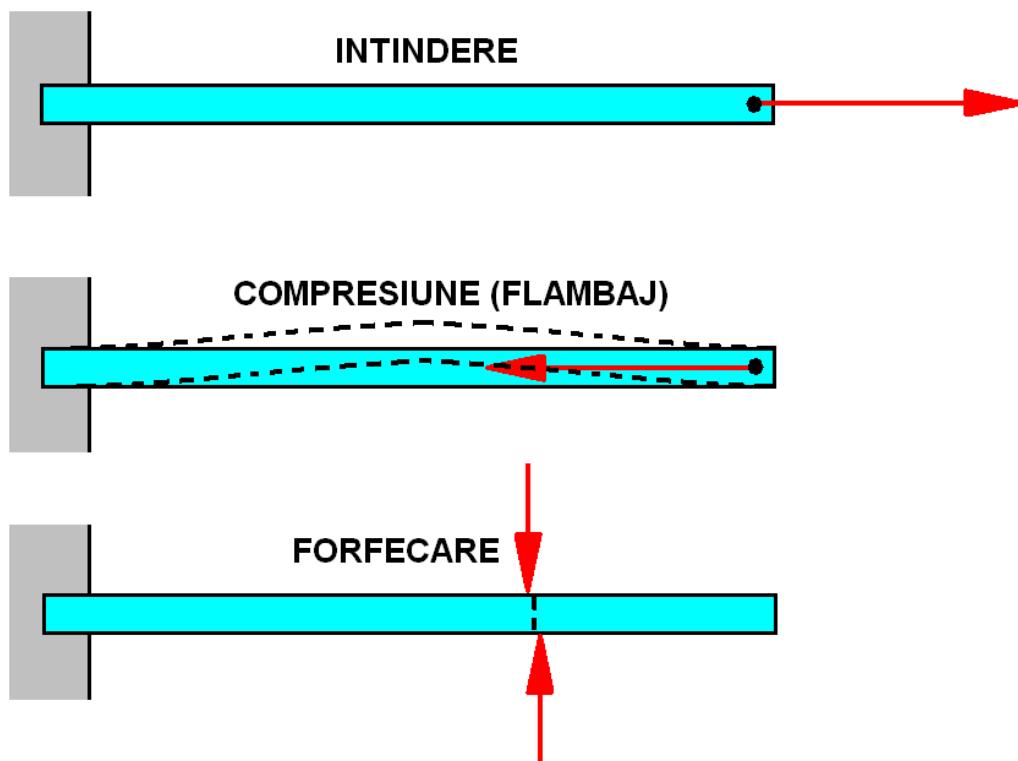


Fig. 1.5.

- **torsiunea.** La torsion, bara este răsucită de un moment de torsion în lungul ei.
- **incovoierea.** Încovoierea este solicitarea barei de către o forță ce acionează perpendicular pe lungimea sa, forță ce generează un moment de incovoiere față de încastrare. Încovoierea barei constă într-o compresiune a materialului pe partea opusă acțiunii forței și într-o întindere pe partea pe care acionează forța. Compresiunea și întinderă sunt cu atât mai accentuate cu cat ne îndepărtem de centrul de incovoiere al barei (o linie situată cam la mijlocul grosimii barei în care materialul nu este nici comprimat și nici întins) Încovoierea generează, totodată, și o forfecare.

In general, **solicitarile** sunt **compuse**, astfel putem combina incovoierea cu forfecarea si torsionea de exemplu.

Aceste solicitari de baza pot aparea si in cazul placilor sau tablelor precum si a pieselor masive.

Suplimentar, mai avem:

- solicitarea prin **soc**. In cazul socului forta actioneaza intr-un interval de timp foarte scurt dar foarte intens.
- solicitarea la **oboseala**. La solicitarea de oboseala, piesa este solicitata ciclic (ciclu regulat sau aleator) caz in care poate aparea ruperea la solicitari mult mai mici decat limita de rezistenta a materialului piesei.
- **strivirea**. Strivirea este o deformatie sau curgere a materialului la contactul intre doua piese ce sunt presate una asupra celeilalte.

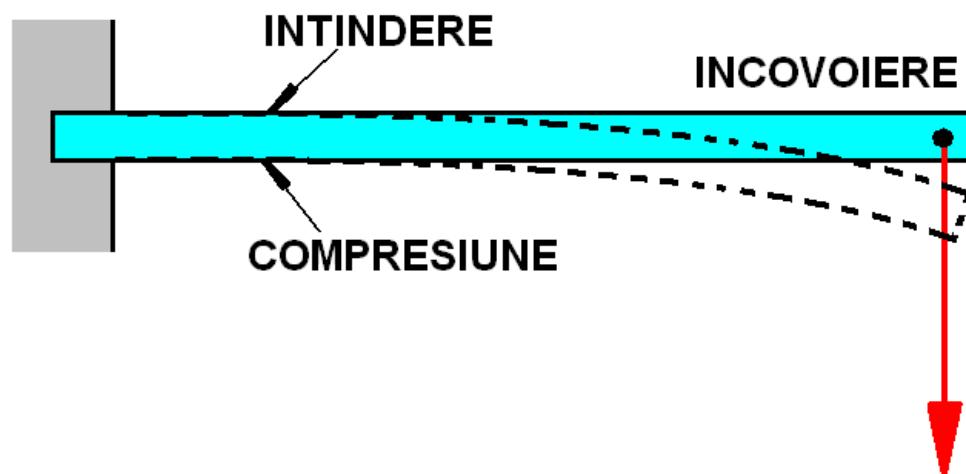
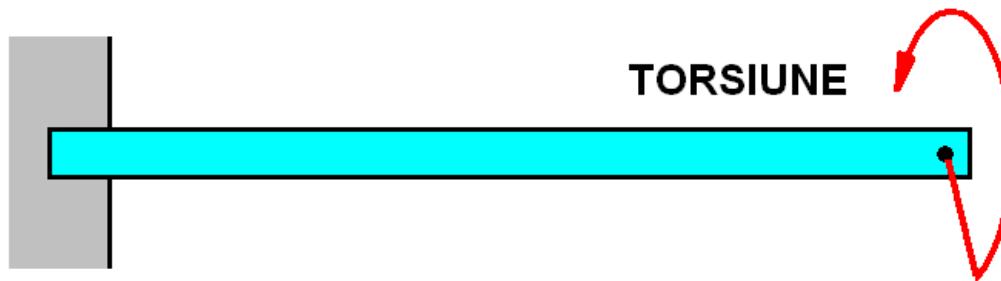


Fig. 1.6.

1.1.4. Asamblari de aviatie

Asamblarile de aviatie se pot imparti in doua categorii:

- asamblari nedemontabile, la care pentru a desface asamblarea, trebuie sa distrugem elementul de asamblare;
- asamblari demontabile, la care pentru a desface asamblarea, nu trebuie sa distrugem elementul de asamblare.

Asamblari nedemontabile

Pentru fiecare tip de asamblare se vor enumera o serie de avantaje si dezavantaje.

Asamblari nituite

Nitul este o piesa de asamblare care are un capat preformat (uzinat) iar celalalt capat se deformeaza plastic pentru realizarea imbinarii.

Capatul preformat poate fi bombat sau inecat (zenk).

Capatul de asamblare poate fi cilindric, tronconic, bombat (semisferic) sau inecat.

Pentru realizarea imbinarii se folosesc o pereche de scule numite capuator si contracapuator.

Asamblarea se poate face manual (cu ciocanul) sau mecanic (cu masini de nituit cu percutie, hidraulice, explozive, etc.).

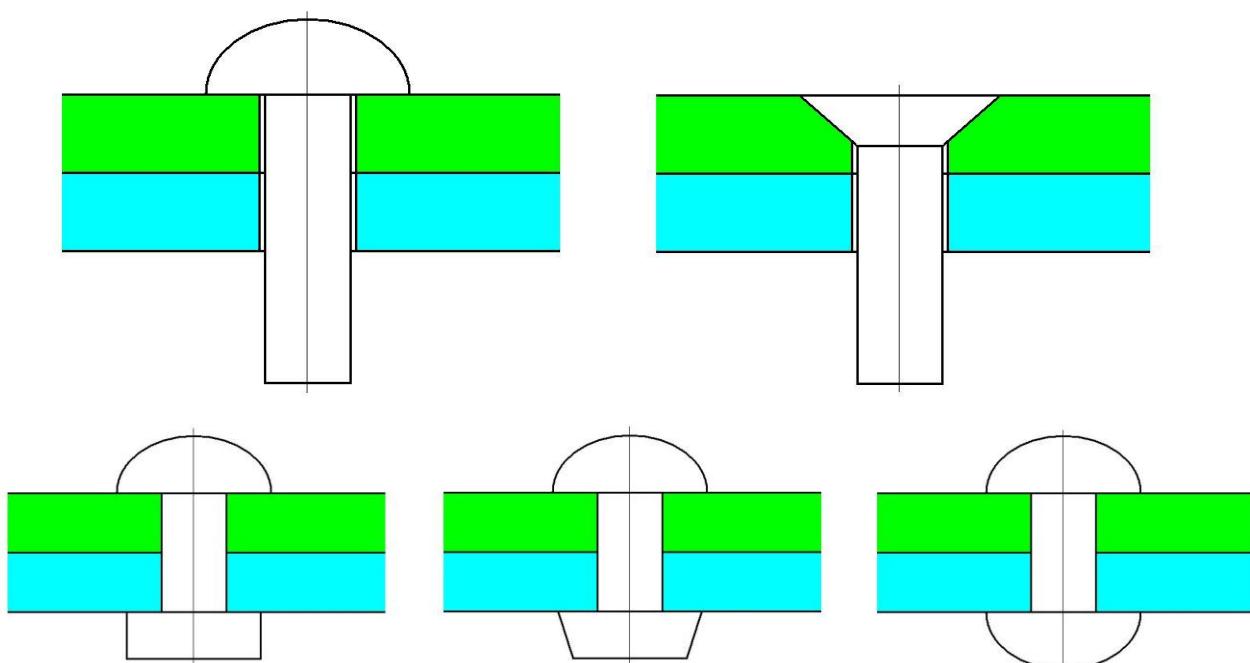


Fig. 1.7.

Avantaje ale asamblarii nituite:

- nu creeaza tensiuni interne intre piesele asamblate si, deci, nu necesita tratamente termice ulterioare de detensionare;
- distribuie foarte bine efortul pe mai multe elemente de asamblare (nituri);

Dezavantaje ale asamblarii nituite:

- necesita SDV-istica scumpa (gabarite de asamblare cu rigiditate mare, masini de nituit, etc);
- nu poate fi aplicata in orice configuratie, deci, din proiectare trebuie stabilita o ordine stricta de asamblare (trebuie sa avem acces la ambele capete ale nitului);

Există și nituri care se pot aplica pe o singura parte (nit pop) sau care se pot nitui prin detonarea unei mici cantități de exploziv, dar acestea nu sunt folosite la asamblări de rezistență.

Asamblări sudate

La asamblarea sudată, metalul din care sunt fabricate piesele sunt aduse în stare lichidă (topire) cu ajutorul unei surse concentrate de energie (flacără oxigen-acetilenică, arc electric, fascicule de laser sau electroni etc.), metalul lichid difuzând între piese cu sau fără material de adaos.

Inainte de sudare, piesele sunt pregătite în vederea sudării.

Sudura poate fi concavă (fără material de adaos) sau convexă (cu material de adaos).

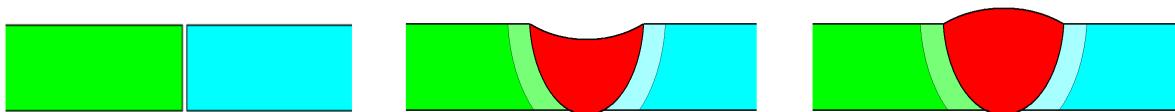


Fig. 1.8.

Avantajele asamblării sudate:

- nu necesită utilaje și SDV-istica scumpă;
- se poate aplica în locuri cu acces dificil;

Dezavantajele asamblării sudate:

- creează tensiuni în piesele sudate din cauza influenței termice din timpul topirii materialului pieselor, deci, după sudare, pieselor li se aplică un tratament termic de detensionare (se încalzește până la o temperatură prestabilită, se menține un anumit interval de timp la acea temperatură, după care piesa sudată se raceste controlat – într-un interval de timp prestabil);
- metalele ce urmează să fie sudate trebuie să fie compatibile (trebuie să aibă aceiasi parametri fizici, cum ar fi temperatura de topire, compozitia, densitatea etc.) și materialele să fie sudabile (nu orice metal se poate suda);
- controlul dificil al imperfecțiunilor de asamblare (inclusiuni nemetalice în sudură, cum ar fi zgura, grasimi, etc. ce slabesc rezistența sudării). Controlul trebuie facut la toate asamblările sudate prin metode nedistructive, deci fără să afecteze asamblarea (cum ar fi, cu raze X, magnetic, ultrasonic etc.);

Asamblări lipite

Asamblările lipite sunt asamblări în care între piesele metalice de asamblat se interpune un metal usor fusibil (cu temperatură de topire mai mică decât a celor două piese ce se asamblează), în stare topită, ce adere la metalul celor două piese.

Asamblările lipite sunt:

- lipiri tari, în care metalul de lipire este alama (aliaj Cu-Zn) sau alamiri;
- lipiri moi, în care metalul de lipire este un aliaj de cositor (Sn) și plumb (Pb) sau cositoriri;

Condiția ca două piese să poată fi lipite este ca metalul de lipire să adere la metalul celor două piese (acestea înainte de lipire se vor degresa și se vor curăta de oxid de metal).

Lipirea este o asamblare de mica rezistență și nu se folosește la asamblări vitale.

Asamblari incleiate

Asamblarile incleiate sunt asamblari în care între piesele de asamblat se interpune un adeziv sau un clei nemetalic (există și adeziv de tip "metal fluid"). Cleul poate fi monocomponent cand intarirea se face în prezența aerului sau bi- si multi-component, la care intarirea se face printr-o reacție chimică între componentii cleului (adezivi de tipul rasinilor epoxidice).

Asamblările incleiate au avantajul ca se pot folosi între diverse tipuri de materiale metalice sau nemetalice, iar, în general, adezivii au aderență bună la orice material (cu excepția unor tipuri de materiale plastice).

Asamblările incleiate au dezavantajul ca sunt de foarte mică rezistență.

Asamblari demontabile**Asamblari cu filet**

Asamblarea cu filet se bazează pe o pereche de sănturi elicoidale practicate în piesele de formă cilindrică ce urmează a fi asamblate, piesa cuprinsă numindu-se surub, iar piesa cuprinzătoare numindu-se piulita.

Asamblarea poate avea piese distincte (eventual cu saibe ce previn strivirile de material pe fețele de asezare) sau una din elementele de asamblare este parte din una din piesele ce urmează a fi asamblate (surubul poate fi prezon sau este prelucrat din materialul uneia din piese sau piulita este o gaura filetată în una din piese)

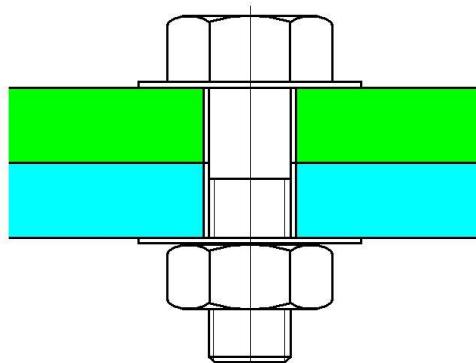


Fig. 1.9.

Asamblari cu element deformabil (cu splint)

La acest tip de asamblare se folosește un stift sau bolt cu o gaura sau gauri practicate perpendicular pe axa, în care se montează un splint (cui spintecat) care se deformează pentru sigurantare.

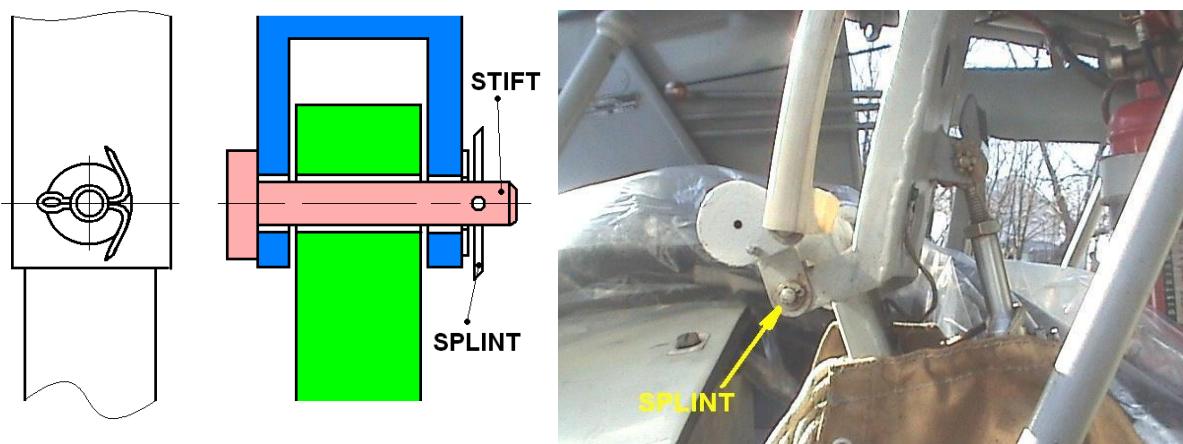


Fig. 1.10.

Asamblari cu element elastic (cu arc)

Asamblările cu element elastic sunt asemănătoare cu cele cu splint, numai ca în loc de splint se folosește o agrafa din otel arc.

Asamblările cu arc sunt asamblări rapide (care se asamblează și se dezasamblează des).

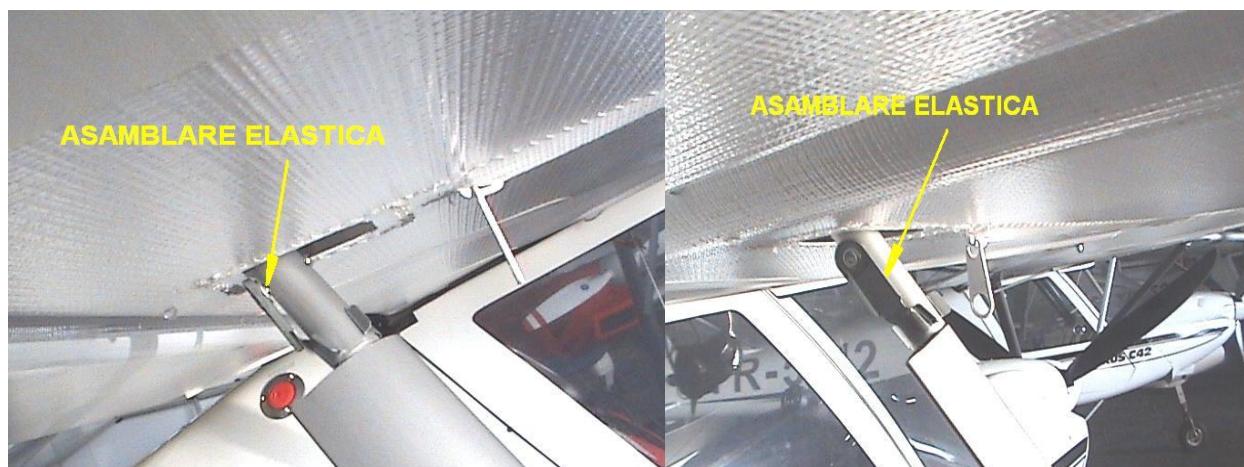


Fig. 1.11.

Sigurantarea asamblarilor filetate

Pentru a se asigura împotriva autodeserubării din cauza vibratiilor avionului, toate asamblările filetate ale avionului sunt asigurate sau sigurantate (cu excepția unor asamblări lipsite de importanță cum ar fi elementele de tapiterie interioară, ornamente etc.).

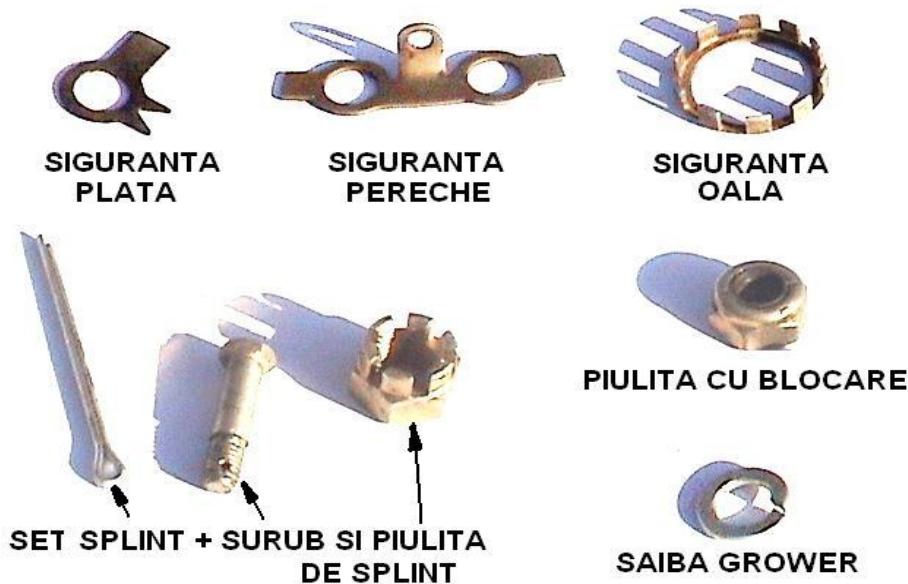


Fig. 1.12.

După tipul elementului de sigurantare, aceste pot fi sigurantări:

- cu sarma;



Fig. 1.13.

- cu splint;

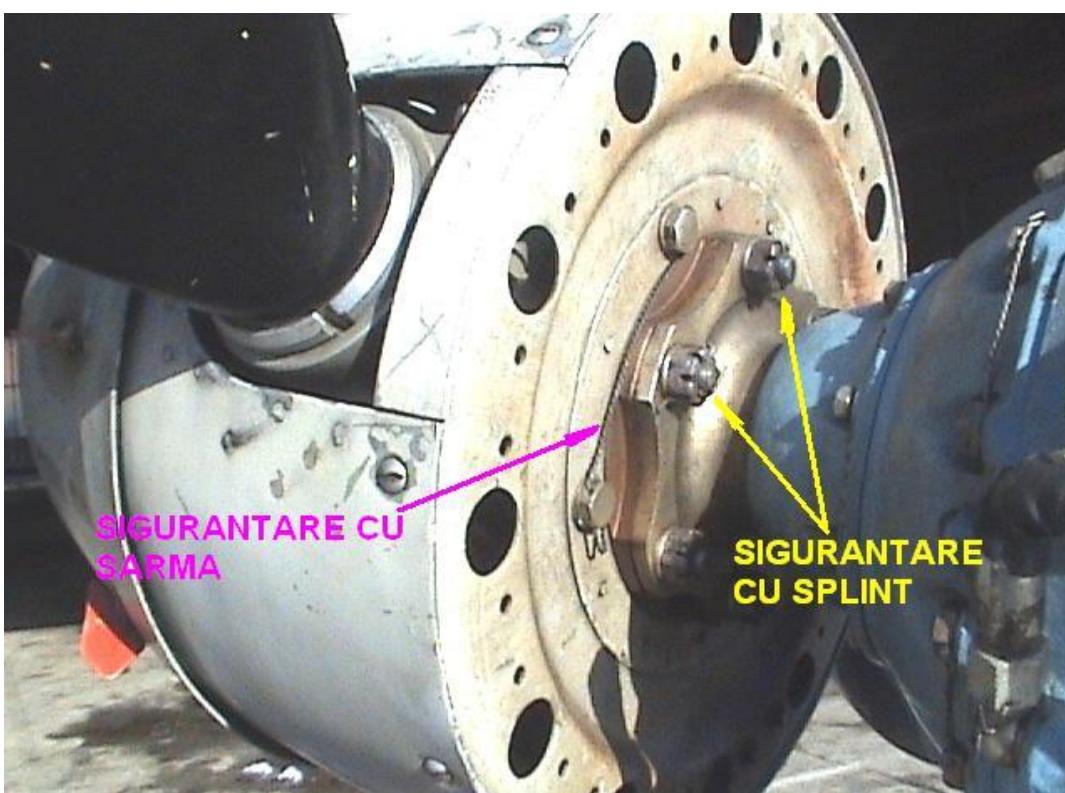


Fig. 1.14.

- cu saibe de sigurantare deformabile:
 - a) plate simple cu asigurare laterală;

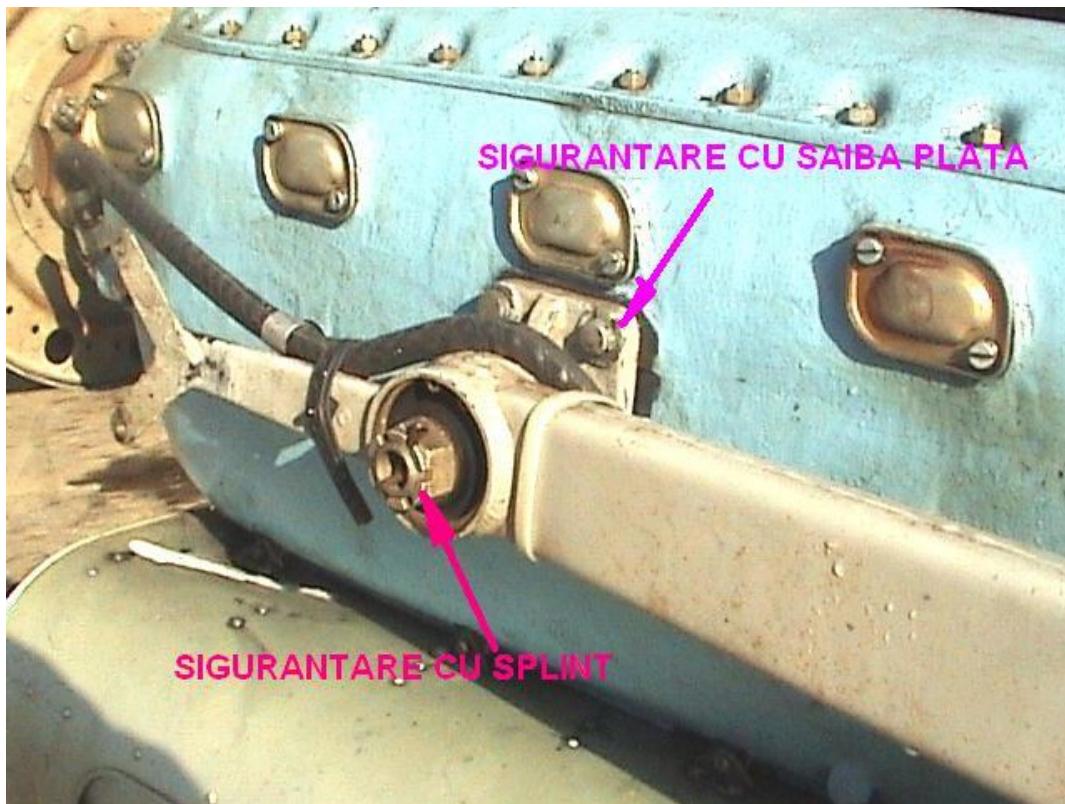


Fig. 1.15.

b) plate în pereche;

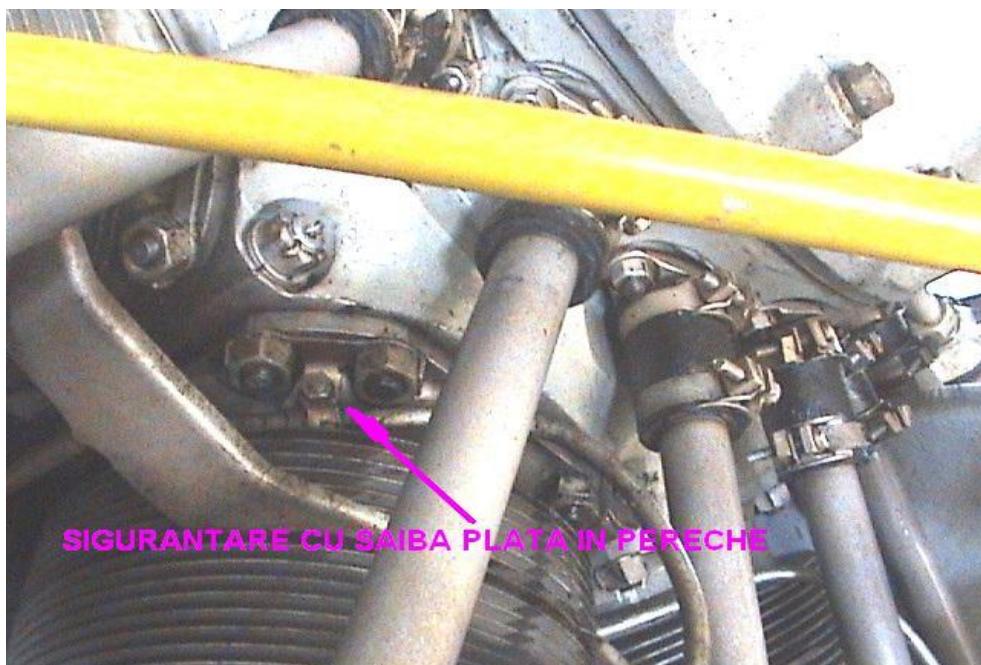


Fig. 1.16.

- c) tip "oala" (pentru piulite "olandese");
- cu deformarea materialului;



Fig. 1.17.

- cu ovalizarea piulitei;
- cu piulita cu element de blocare din material plastic;
- cu element elastic care pot fi:
 - a) cu saiba Grower;

b) cu arc.



Fig. 1.18.

1.1.5. Tratamente termice

Tratamentele termice se aplică pieselor în vederea imbunătățirii calităților mecanice ale materialului din care sunt confectionate (tratamente termice de calinare, sau de modificare a structurii în stratul superficial cum ar fi tratamentele termice de cementare sau nitrurare urmate de calinare etc.), de "îmbătrânire" (pentru piesele din aliaje de aluminiu) sau de detensionare în urma asamblării prin sudare.

1.1.6. Acoperiri de suprafață

Acoperirile de suprafață se fac în scopul de a proteja piesele împotriva coroziunii sau, mai rar, pentru o mare rezistență la suprafața materialului piesei (acoperiri galvanice cu crom (Cr) sau nichel (Ni)).

Acestea pot fi:

- modificări structurale de suprafață (de exemplu, eloxarea pieselor din aluminiu);
- metalizări de suprafață pentru protecție anticorozivă (cadmieri, zincari, cuprari, argintari etc.);
- vopsiri (acoperiri cu grunduri și/sau chituri și apoi vopsiri și/sau lacuri).

1.1.7. Fuzelajul, aripile, ampenajele, coada

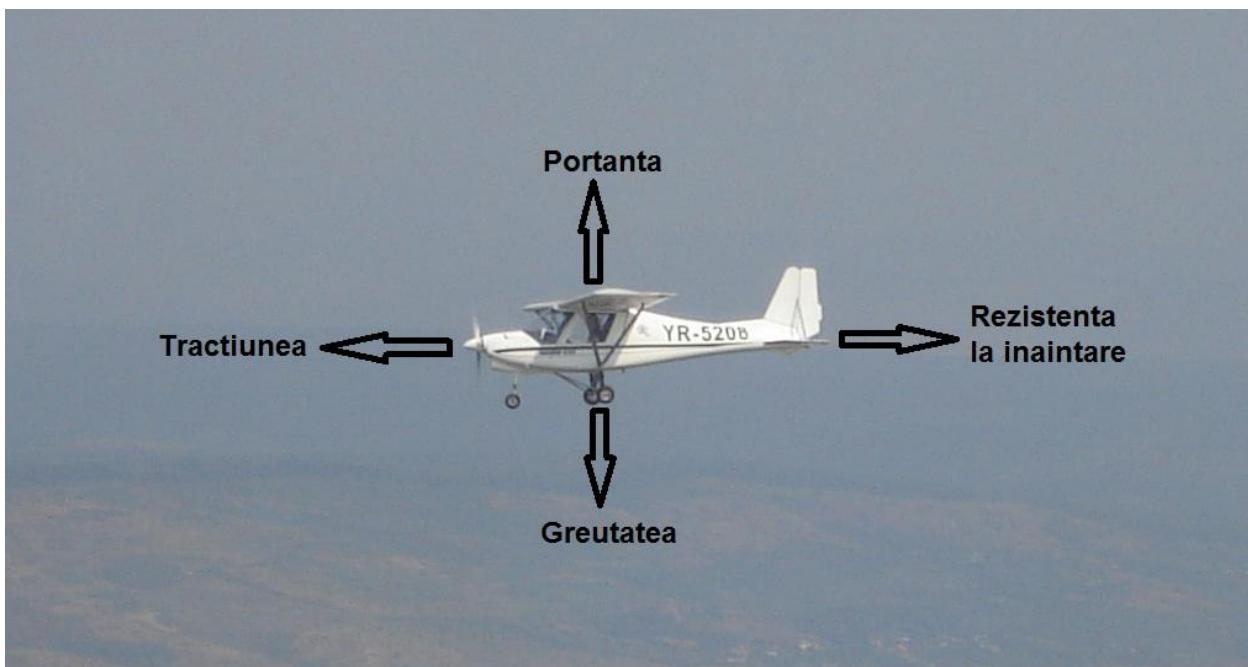


Fig. 1.19. Cele patru forte care actioneaza asupra unei aeronave

Fuzelajul

Fuzelajul reprezinta celula avionului de care se ataseaza aripile, ampenajele, motorul si trenul de aterizare. Contine cabina cu scaunele pilotilor si pasagerilor, comenzi si instrumentele din cabina; poate contine si compartimentul de bagaje.

Majoritatea avioanelor moderne de antrenament au fuselajul de *tip semimonococa*, o structura de rezistenta usoara, acoperita cu un invelis care, de cele mai multe ori, este din foaie de aluminiu. In acest fel eforturile sunt preluate de intreaga structura – atat partea structurala interna cat si invelis.

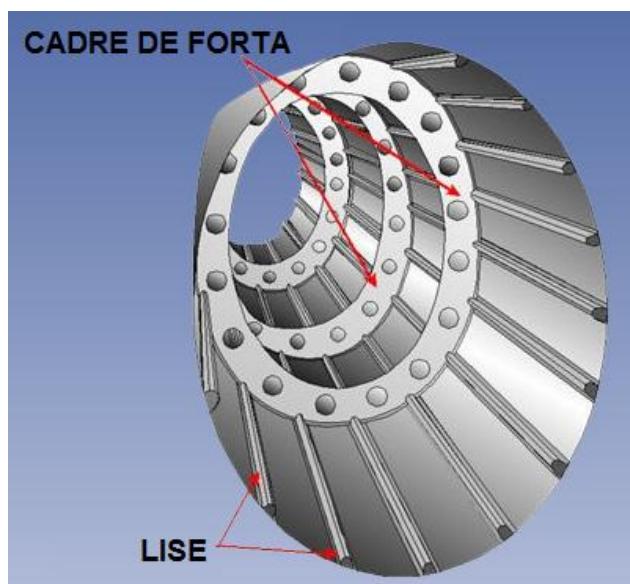


Fig. 1.20. Structura interna a fuselajului

Fuzelajele de ultima generatie au o constructie de *tip monococa* confectionate din materiale compozite (usoare, cu o mare rezistenta) la care nu exista o structura interna, toate sarcinile fiind preluate de acest invelis de tip monostructural.

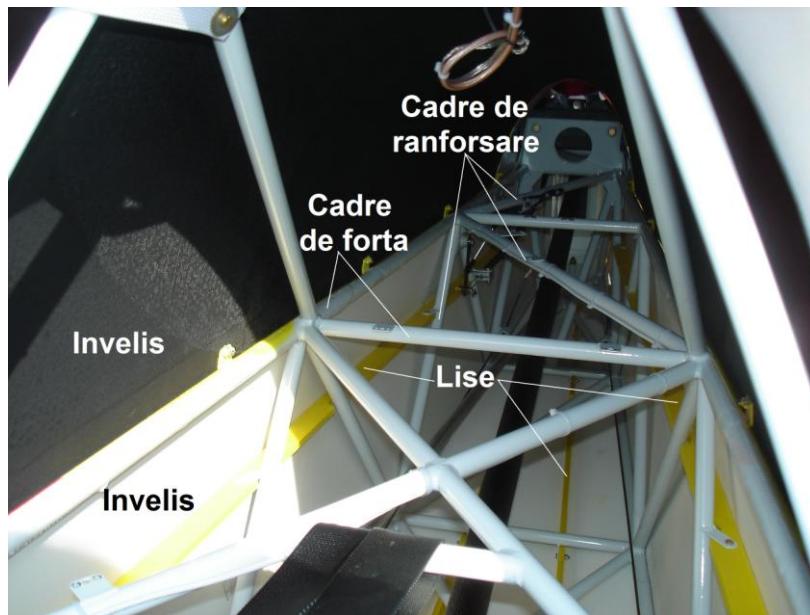


Fig. 1.21. Constructie de tip grinda cu zabrele

Tipurile de constructii mai vechi au o structura interna de *tip grinda cu zabrele*, la care invelisul este de regula din material textil, toate sarcinile fiind preluate de structura interna.

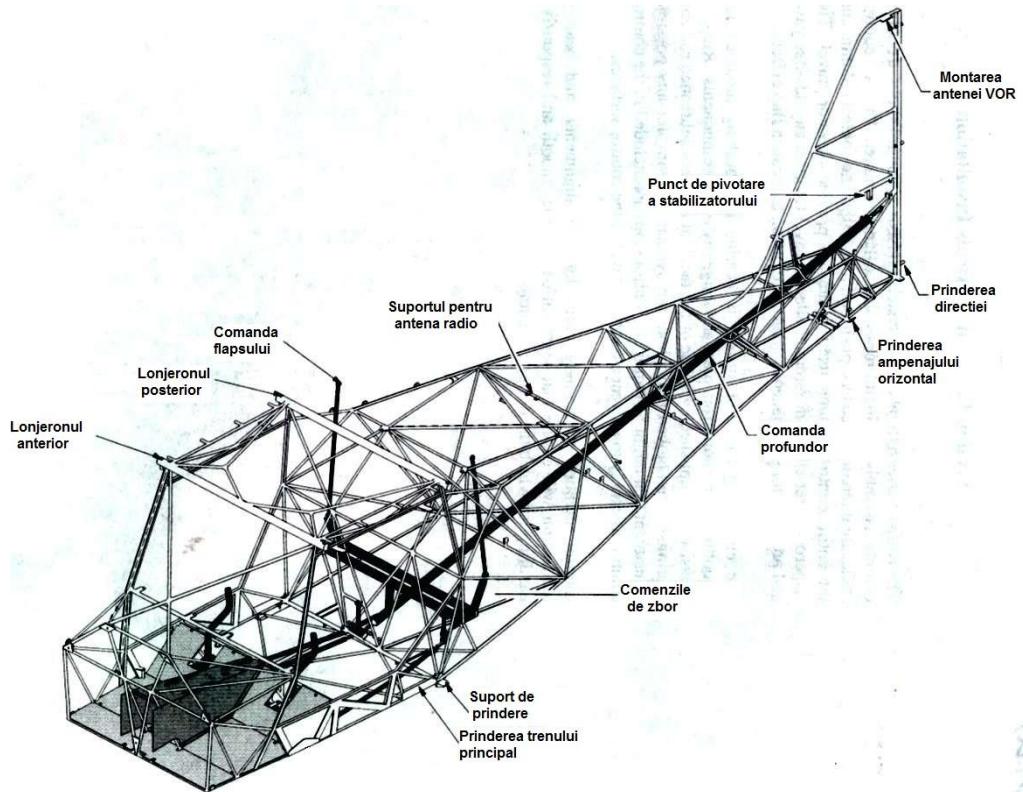


Fig. 1.22. Constructie tipica grinda cu zabrele

Aripa

Aripa este proiectata sa genereze portanta, motiv pentru care este expusa la sarcini mari in zbor, care depasesc in evolutii cu mult greutatea avionului. In general, aripa are unul sau mai multe lonjeroane care se prind de fuselaj si care se prelungesc pana la varful aripii. Lonjeroanele preiau majoritatea eforturilor din aripa care sunt orientate in sus pentru portanta si in jos pentru greutatea fuzelajului si a rezervoarelor de combustibil. Aditional, unele aripi sunt prevazute cu montanti, care confera o rezistenta suplimentara, preluand o parte din eforturile aripii, transmitindu-le fuzelajului.

Nervurile sunt pozitionate aproximativ perpendicular pe lonjeroane si asistate de lise (paralele cu lonjeroanele), conferind forma profilului aripii; in acelasi timp, rigidizeaza invelisul care este prins de acestea. Nervurile transmit sarcinile (incarcarile) intre invelis si lonjeroane.

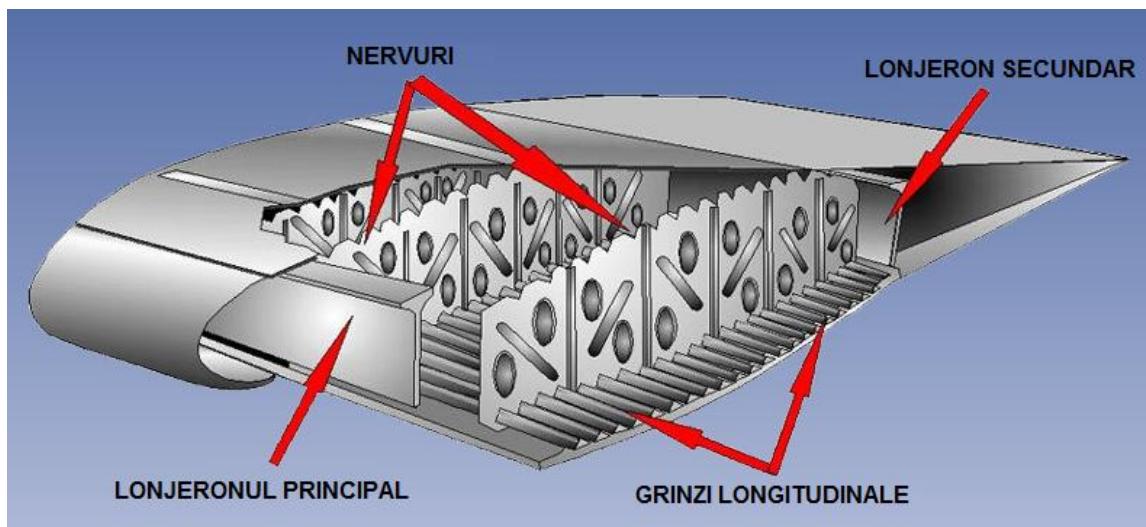


Fig. 1.23. Structura aripii

Monoplanele sunt proiectate cu un singur set de aripi, a caror pozitionare da denumirea de monoplan cu aripa sus, jos sau mediana. IAR 46 S, Zlin 142, DA 20 Katana sunt monoplane cu aripa jos; Ikarus C 42, Cessna 172 cu aripa sus, etc. Biplanele ex. AN2, Pitts Special, Tiger Moth sunt proiectate cu doua seturi de aripi.



Fig. 1.24. Monoplane si un biplan

Eleroanele si flapsurile

Eleroanele sunt pozitionate la bordul de fuga al aripii, catre capatul planului si se misca in directii opuse pentru a permite pilotului sa controleze miscarea de ruliu. Flapsurile sunt pozitionate spre zona de incastrare (prindere) a aripii in fuselaj si se bracheaza simetric in jos pentru a mari curbura aripii.

La majoritatea avioanelor, aripile contin si rezervoarele de combustibil.

Coada (Ampenajele)

Ampenajele au în general o construcție similară aripiei și au o parte fixă orizontală (stabilizator) și una fixă verticală (deriva), de care sunt prinse partile mobile (suprafetele de comandă) profund (orizontal) și direcție (vertical). Există și alte variante de soluții constructive – dubla deriva, stabilizator monobloc (profund pendular), în forma de T, etc. Suprafetele de comandă sunt prevăzute cu compensatoare de efort (trimere).

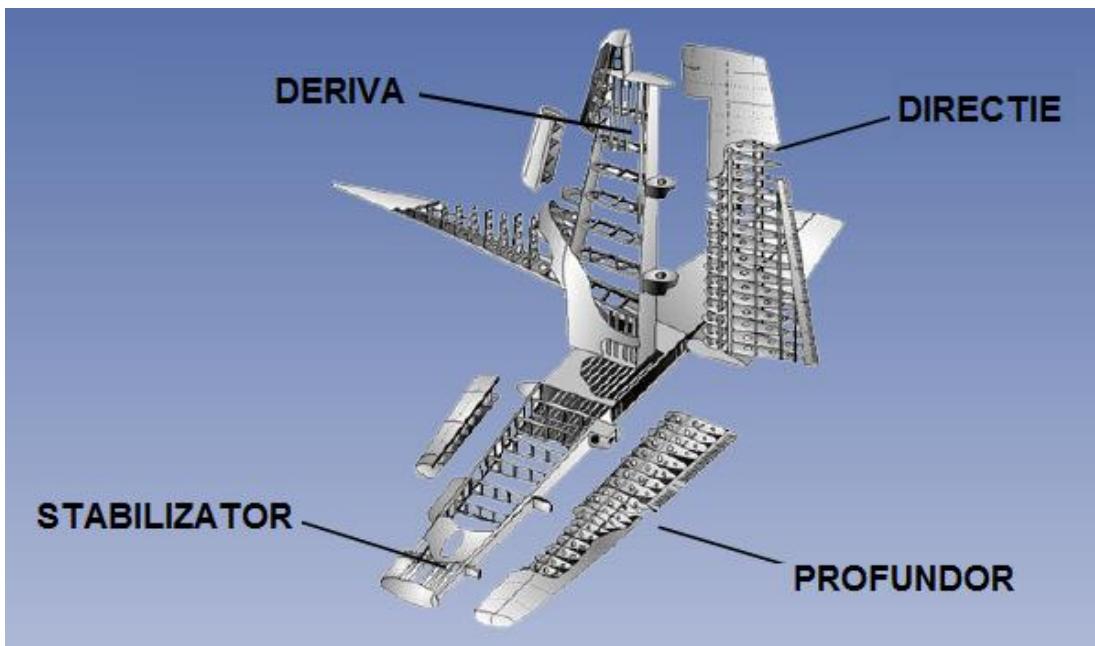


Fig. 1.25. Constructia ampenajelor

1.1.8. Comenzile principale de zbor

Cele trei axe

Pentru a se menține în zbor orizontal, o aeronavă trebuie să fie echilibrată pe toate cele trei axe. Suprafetele de comandă ajută la menținerea acestui echilibru și permit pilotului să manevreze aeronava în jurul celor trei axe.

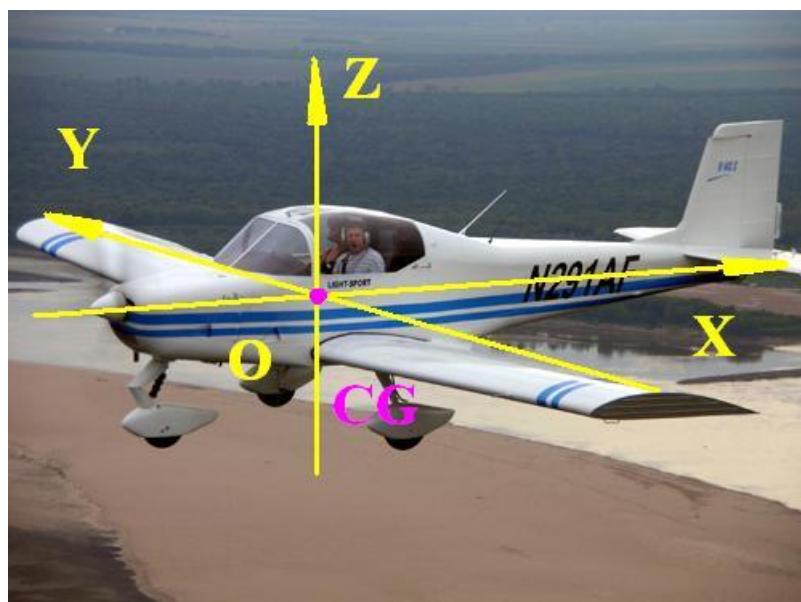


Fig. 1.26. Cele trei axe ale unei aeronave

Rotatia in jurul axei longitudinale este controlata de eleroane. Rotatia in jurul axei transversale este controlata de profundor. Rotatia in jurul axei verticale este controlata de directie.

Suprafetele principale de comanda – eleroane, profundor, directie – sunt actionate din cabina printr-un sistem intern de cabluri si tije. Sistemul de cabluri poate avea inserate intinzatoare pentru a putea permite reglarea tensiunii acestora. Aceasta operatiune se executa exclusiv de personal autorizat in acest scop.

Pentru a evita bracarea excesiva a suprafetelor de comanda in zbor si pe sol, pe structura se fixeaza limitatoare de miscare. Sistemul de comenzi in sine poate avea limitatoare – ex. mansa este limitata fizic in miscari.

1.1.9. Trimere si flapsuri

O aeronava este compensata atunci cand isi mentine atitudinea si viteza fara ca pilotul sa fie nevoie sa intervină asupra comenzilor. Aceasta actiune se numeste compensare, prin care trimerul (montat in partea din spate a comenzi de zbor principale) isi modifica pozitia, astfel incat suprafata principala de comanda sa mentina atitudinea dorita a aeronavei.



Fig. 1.27 Trimer Aerostar Festival

O aeronava trebuie compensata in profunzime ca rezultat al schimbarilor de atitudine si viteza, schimbari ale regimului motorului sau modificarii ale pozitiei centrului de greutate.

Compensarea directiei este necesara ca rezultat al schimbarilor in cuplul motorului. Compensarea eleronului nu este atat de necesara, decat in cazul unei modificari laterale a centrului de greutate, sau in cazul unei pene de motor la un avion bimotor. Compensatoarele reglabile la sol sunt cel mai adesea intalnite la eleroane.

Anumite aeronave sunt dotate cu suprafete de hiper-sustentatie (flapsuri) pentru a crea portanta la viteze mici, pentru a reduce distanta la decolare si pentru a permite unghiuri mari de apropiere pentru aterizare.

Există diferite tipuri de flapsuri, insă toate maresc atât portanta cât și rezistența la înaintare. Cel mai întâlnit tip la aeronavele usoare este flapsul simplu.

Bracarea flapsului va crește atât portanta cât și rezistența la înaintare a aeronavei, dar nu în același cantitate, marirea portantei fiind mai mare decât a rezistenței la înaintare.



Fig. 1.28 Bracajul flapsului pentru decolare



Fig. 1.29. Bracajul flapsului pentru aterizare

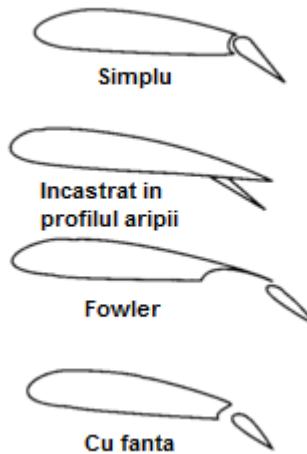


Fig. 1.30. Tipuri de flaps



Fig. 1.31. Comanda din cabina a flapsului-Ikarus C 42

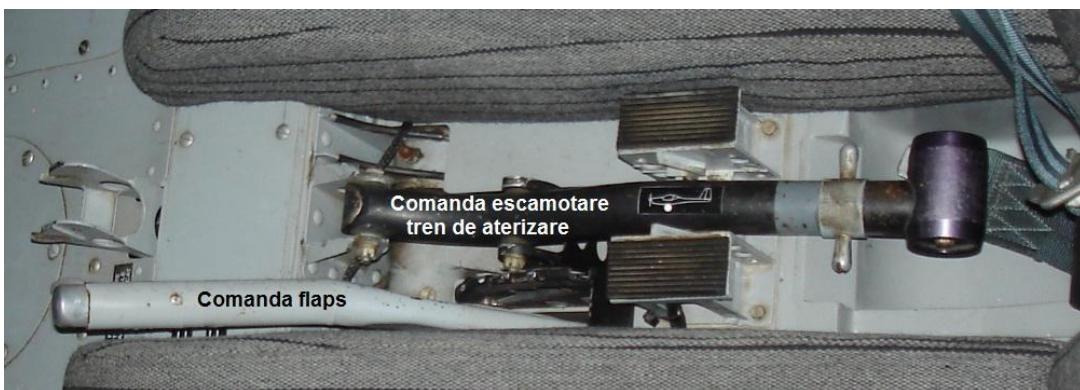


Fig. 1.32. Comanda din cabina a flapsului-IAR 46 S

Actionarea flapsului va determina o schimbare a pantei, a atitudinii aeronavei. Modificarea atitudinii aeronavei la bracarea flapsului este influentata si de tipul de flaps, pozitia aripii fata de fuzelaj si constructia amenajului.



Fig. 1.33. Comanda din cabina a flapsului-Aerostar Festival

1.1.10. Trenul de aterizare

Trenul de aterizare are rolul de a sustine greutatea avionului cand acesta se afla pe sol, in timpul decolarii si la aterizare. La aeronavele usoare, cel mai intalnit este trenul de aterizare fix, neescamotabil. Desi rezistenta la inaintare creata de acest tip este considerabila, fiabilitatea si simplitatea sa primeaza.

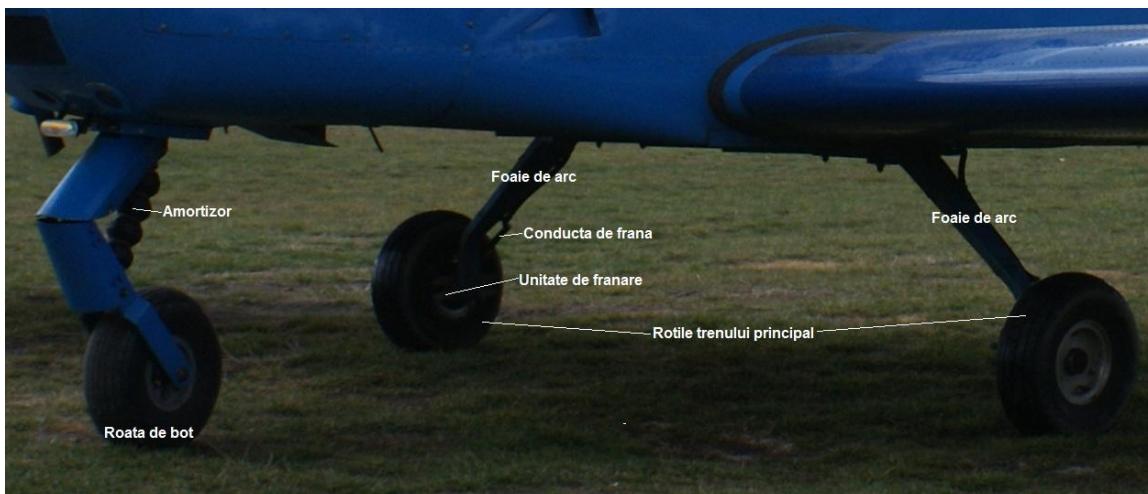


Fig. 1.34 Tren de aterizare Aerostar Festival

Constructia cel mai des intalnita este sub forma de triciclu (cu roata de bot sau bechie). Majoritatea avioanelor cu tren de aterizare triciclu au un sistem de orientare al rotii de bot sau a bechiei, actionat concomitent cu directia, prin intermediul palonierelor. Rotile principale sustin cea mai mare parte din incarcatura cand avionul este la sol, indeosebi in timpul decolarii si aterizarii, si de aceea sunt mai robuste decat roata de bot sau bechia. Ele sunt de obicei atasate de structura principala a avionului.

Majoritatea avioanelor au sistem de franare pe rotile trenului principal. Exista trei tipuri de fixare a trenului de aterizare:

- foaie de arc din otel sau fibra de sticla (Zlin 142, Extra 300L, Festival);
- bare comprimate (Ikarus C 42);
- unitate oleo-pneumatica (Zlin 526F – escamotabil).

Trenul de aterizare escamotabil

Avioanele mai avansate au tren de aterizare retractabil (escamotabil); majoritatea avioanelor de scoala au trenul fix.



Fig. 1.35. Tren de aterizare IAR 46 S



Fig. 1.36. Tren de aterizare IAR 46 S – escamotat

Rolul trenului de aterizare escamotabil este de a reduce rezistența la înaintare în timpul zborului și de a îmbunătăți astfel performanța aeronavei. Escamotarea trenului poate fi actionată mecanic (IAR 46 S), printr-un sistem hidraulic, pneumatic sau electric (Zlin 526F).

1.1.11. Roata de bot și directia

Roata de bot este mai ușoară decât rotile trenului principal și este de obicei atașată de structura principală a avionului cu o unitate oleo-pneumatică.



Fig. 1.37. Tren de aterizare Ikarus C 42

Unitatea oleo-pneumatică este construită telescopic, cu un piston care se deplasează în interiorul unui cilindru, opus unei presiuni de aer comprimat. Roata de bot se află de obicei lângă panoul parafoc exact în spatele motorului.

Este folosit un ulei special ca agent de amortizare cu rol de a preveni miscările telescopice în interiorul și în afara unității oleo-pneumatische pentru amortizarea socurilor. Cand avionul este parcat, o anumită lungime din cursa amortizorului hidraulic ar trebui să fie vizibilă (depinzind într-o anumită masură de încarcarea avionului) și acest aspect ar trebui verificat la inspectia externă dinaintea zborului.

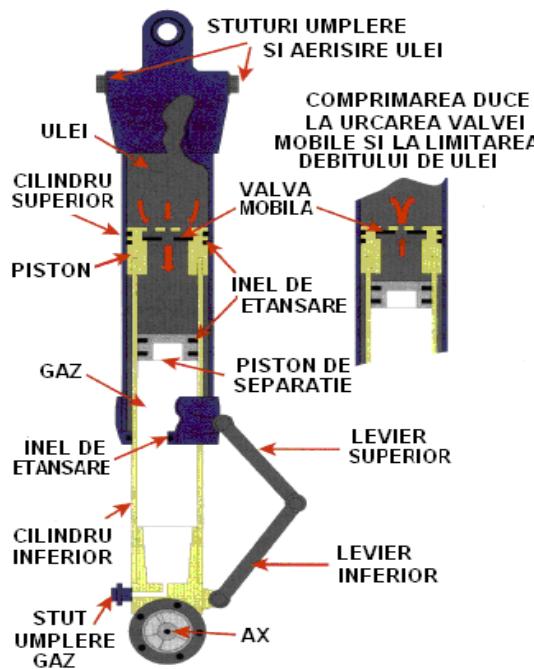


Fig. 1.38.

Aspectele de verificat sunt:

- extensia corecta a amortizorului cand sustine greutatea avionului;
- sectiunea lustruita a amortizorului hidraulic, sa fie curate (pentru a evita uzarea rapida a simeringurilor amortizorului in timpul miscarii telescopice a barei hidraulice); si
- sa nu existe surgeri de lichid.

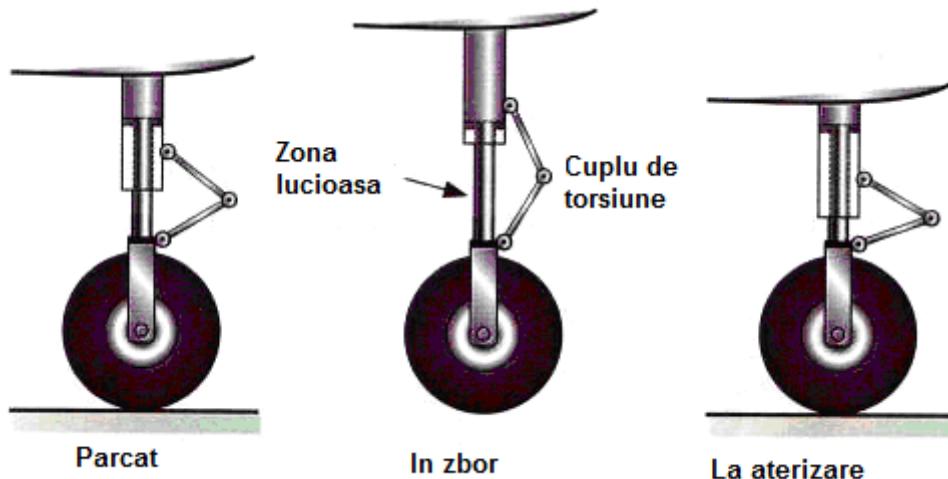


Fig. 1.39. Unitatea oleo-pneumatica

O legatura de torsiune este folosita pe ansamblul rotii de bot pentru a alinia corect roata de bot.

Unele avioane au comanda rotii de bot corelata cu miscarea directiei, permitand astfel un control directional mai mare cand se ruleaza pe pista.

Din cauza flexibilitatii pneurilor, o oscilatie rapida, sinusoidală și instabilă (cunoscută ca **shimmy**) poate să apară în sistemul de ghidare al trenului de aterizare. Aceasta mișcare în exces, în special la viteze mari, se poate transmite și structurii aeronavei, fapt ce poate fi periculos. Atât uzarea lagarelor rotilor cat și presiunea inegală din roți pot crește tendința de a vibra. Pentru a preveni acest lucru, majoritatea

ansamblurilor rotii de bot contin un amortizor de oscilatie, o mica unitate cilindru-piston care amortizeaza oscilatiile si previne vibratiile.

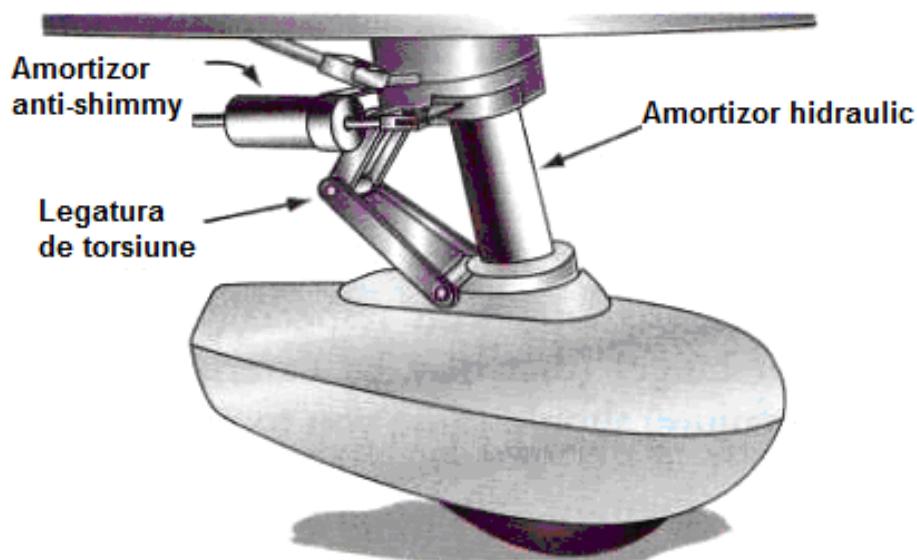


Fig. 1.40. Amortizor anti-shimmy

Anvelope

Cauciucurile avionului sunt pneumatice si trebuie umflate la presiunea corecta pentru ca ele sa functioneze asa cum sunt proiectate. Daca presiunea in pneuri este prea mare, acestea se vor uza inegal, pot chiar sa explodeze, iar in timpul rulajului apar vibratii. Daca presiunea in pneuri este scazuta, structura cauciucurilor va suferi deteriorari si poate sa apara chiar alunecarea cauciucului pe janta. Pentru a folosi cauciucurile un timp indelungat la performantele lor constructive, se recomanda umflarea corecta a acestora, la presiunea indicata de fabricantul aeronavei.

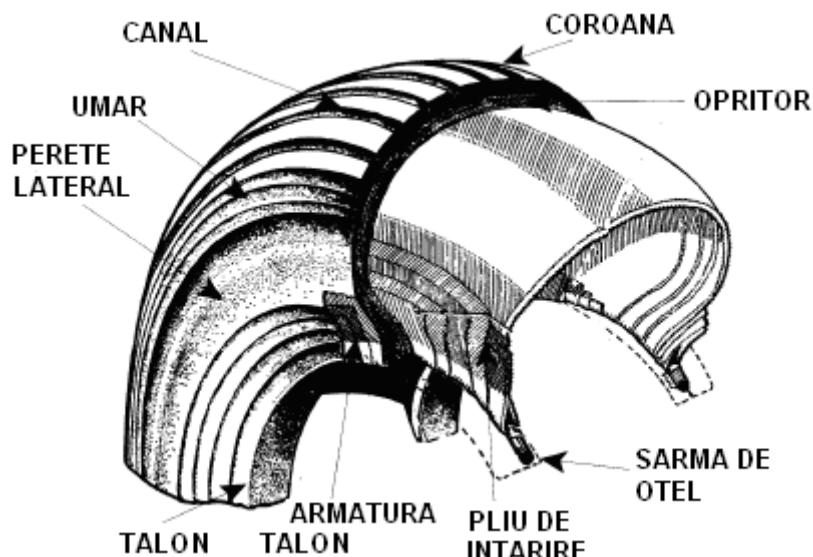


Fig. 1.41.

In timpul procedurilor normale poate, de asemenea, sa apara alunecarea cauciucului pe janta din cauza ca acesta este fortat sa ajunga de la starea de repaus la viteza imprimata de contactul cu pista (la aterizare) sau in urma franarii si a intoarcerii. Daca alunecarea cauciucului pe janta este prea mare, camera se deterioreaza si devine inutilizabila.

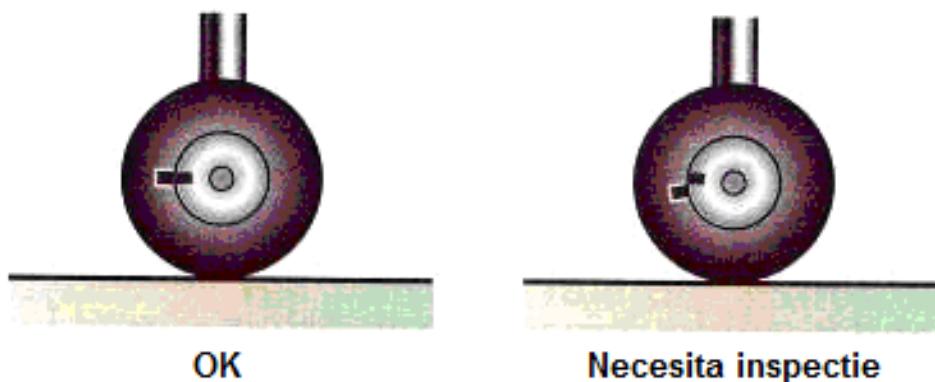


Fig. 1.42. Semnele de pe flansa rotii si de pe cauciuc usureaza inspectia vizuala in caz de alunecare, alungire, deformare

Pentru a monitoriza alunecarea, exista semne cu vopsea pe flansa rotii si pe cauciuc care ar trebui sa ramana aliniate. Daca oricare parte din cele doua rupturi este inca in contact, acea cantitate de ruptura este acceptabila; dar daca sunt separate tubul interior poate fi afectat si cauciucul ar trebui inspectat si reparat. Aceasta poate necesita inlaturare si reasamblare sau inlocuire.



Fig. 1.43. Semne pe flansa rotii – Zlin 526F

Starea caucicurilor ar trebui notata in timpul inspectiei externe de dinaintea zborului, indeosebi in ceea ce priveste:

- umflarea;
- dilatarea;
- uzura, indeosebi pete plate cauzate de derapare;
- taieturi, umflaturi (indeosebi taieturi adanci care expun materialul casant);
- avarierea structurii peretelui lateral.

1.1.12. Sistemul de franare

Elemente de hidraulica

Hidraulica se ocupa cu studiul fenomenelor si interacțiunilor ce se produc în medii fluide (lichide sau gazoase). Hidraulica se poate clasifica în hidrostatică, ce studiază fenomenele și interacțiunile într-un fluid ce nu este în mișcare, și hidrodinamică ce studiază fenomenele și interacțiunile într-un fluid ce este în mișcare.

O mare folosita în hidraulica, este presiunea fluidului. Presiunea reprezinta forta exercitata de fluid pe unitatea de suprafata, adica

$$p = F/A$$

Presiunea, în Sistemul Internațional se măsoara în Pascal (1 Pascal = 1 Newton / 1 m²). Se pot folosi, în funcție de circumstanțe și alte unități de măsură pentru presiune cum ar fi: barr, torr, atmosferă, mmHg, inHg, kgf/cm², pound/square inch (psi), precum și multiplii ale acestor mărimi.

Legea lui Pascal stabilește faptul ca presiunea în interiorul unui fluid este aceeași în orice direcție.

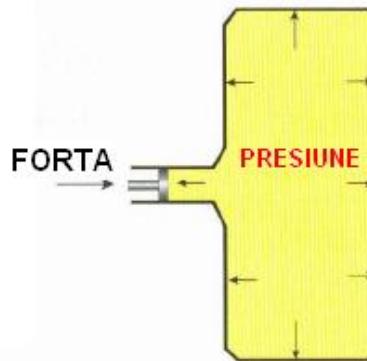


Fig. 1.44.

Ca prima aplicatie a Legii lui Pascal, avem sistemul amplificatorului de forță hidrostatic, care, conform Legii lui Bramah, stabilește ca forța pe un piston este proporțională cu aria pistonului, iar lucrul mecanic efectuat de pistoane este același, în cazul unui sistem hidraulic (hidrostatic) echilibrat.

Piston A

Aria=0,002 m²
Forță=1000 N

Piston B

Aria=0,004 m²
Forță=2000 N



Fig. 1.45.

Pe acest principiu se bazeaza functionarea sistemului hidraulic de frana, folosit cu preponderenta pentru avioanele de mici dimensiuni.

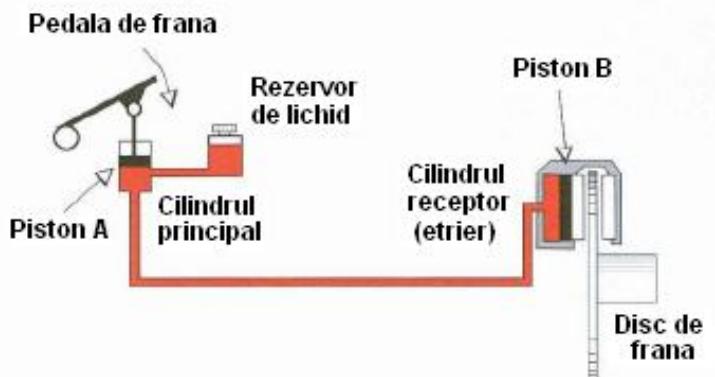


Fig. 1.46.

Majoritatea avionelor de antrenament dispun de frane pe disc montate la rotile trenului principal. Acestea sunt actionate hidraulic de pedalele situate deasupra comenziilor directiei. Presarea franei de la piciorul stang va incetini roata principală stanga si apasarea franei de la piciorul drept va incetini roata principală dreapta. Folosite separat ofera franari diferențiale, folositoare pentru manevre la sol; folosite impreuna, ofera o frana normala.

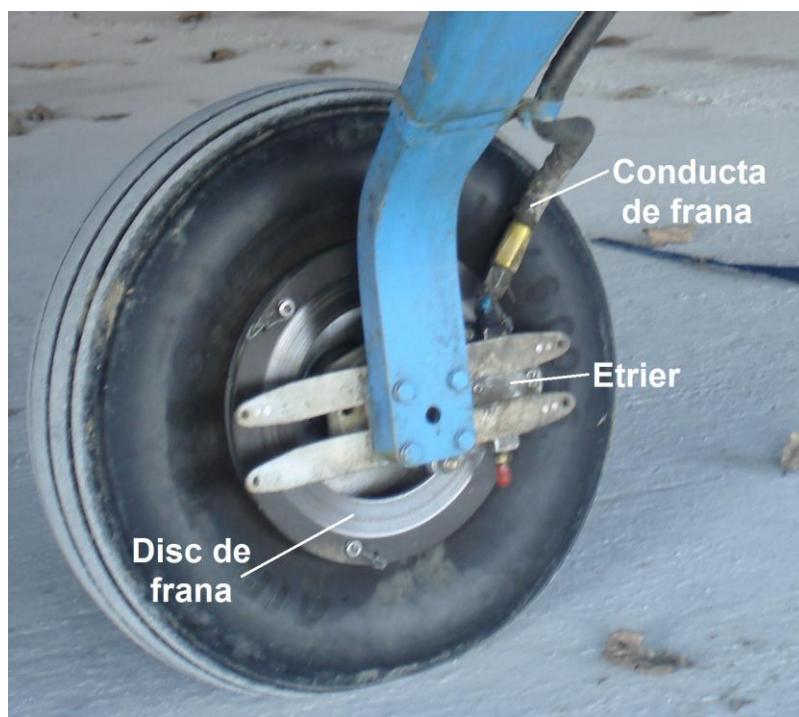


Fig. 1.47. Sistem de frana Aerostar Festival

Un sistem tipic implica lichid hidraulic si un cilindru principal separat pentru fiecare frana. Cand este apasata frana de pe o singura parte, aceasta presiune este transmisa de fluidul hidraulic la un cilindru inferior care actioneaza placutele de frana pe disc. Acesta, care apartine ansamblului rotii, isi micsoreaza numarul de rotatii, incetinind, astfel, aeronava.

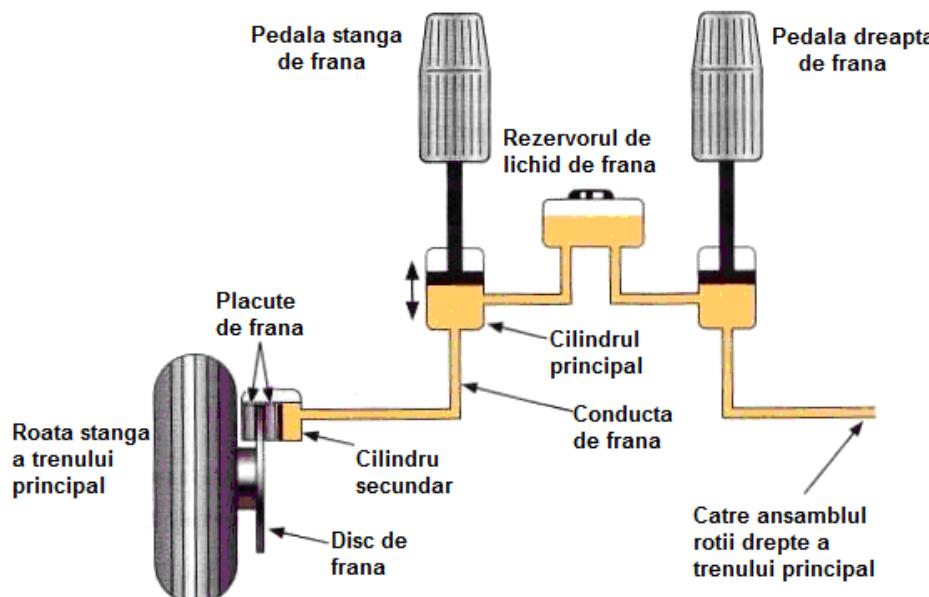


Fig. 1.48. Sistem de franare hidraulic

Majoritatea avioanelor au o frana de parcare (de obicei manevrata manual, uneori impreuna cu frana principală) care va mentine presiunea asupra franelor rotilor si poate fi folosita cand avionul este parcat.

In timpul inspectiei de dinaintea zborului, trebuie verificate franele pentru a va asigura de functionarea lor:

- sa nu exista surgeri de lichid hidraulic;
- discurile franei sa nu fie oxidate sau gaurite;
- placutele de frana sa nu fie uzate;
- ansmablul franei sa fie ferm atasat.

Un disc sever ruginit sau gaurit va cauza o uzura rapida a placutelor de frana si reducerea eficientei lor. Intr-un caz extrem, discul se poate chiar strica din punct de vedere structural. Surgerile lichide de la frana sau cilindri indica un sistem cu probleme care poate sa nu ofere franare eficienta. Orice probleme de franare ar trebui rectificate inaintea zborului.

Ca urmare a unei inspectii externe satisfacatoare, trebuie in continuare testate franele imediat dupa ce avionul se pune in miscare prima data. Uzura franei poate fi micsorata prin folosirea rationala a franelor in timpul manevrelor la sol. Actionarea franelor pe roata este recomandata sub o anumita viteza, diferita pentru fiecare tip de aeronava.

1.2. Sistemul de ancorare

Dupa incheierea zborului trebuie luate masuri de siguranta pentru securitatea avionului, daca acesta este parcat afara. Procedura normala prevede blocarea rotilor, comenzilor si ancorarea avionului de sol. Ori de cate ori este necesar, asigurati-vă de prezenta la bord a sistemului de ancorare.

Acesta contine:

- a) cabluri (franghii) de ancorare
- b) raci de ancorare
- c) ciocan
- d) cale de roti

Intotdeauna parcati avionul cu fata in vant, cuplati frana de parcare si puneti calele la roti.

1.2.1. Blocarea suprafetelor de comanda

Unele avioane au posibilitatea blocarii mansei in pozitia de parcare – Zlin 726, 526, aceasta asigurand mentinerea fixa a suprafetelor de comanda. Unele avioane sunt prevazute cu dispozitive externe de blocaj – ex. AN2. Acestea trebuie sa fie colorate fluorescent pentru a fi vizibile.

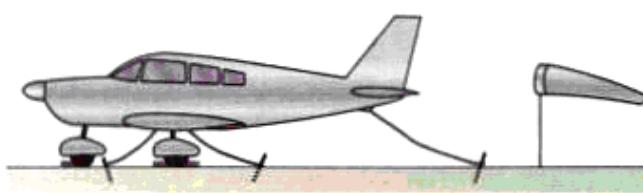
Atentionare: La inspectia aeronavei inainte de zbor acestea trebuie inlaturate!

1.2.2. Ancorarea aeronavei

In general, avioanele au prevazute inele de ancorare sub planuri, in zona cozii si uneori in fata. Uzual, se fixeaza in sol ancorele de care se leaga cablurile de ancorare. Modul de ancorare este descris in Fig. 1.49., si are ca scop fixarea cat mai puternica a avionului de sol.

Majoritatea aerodromoanelor au puncte de ancorare fixe la locurile de parcare cu inele metalice fixate in beton.

Franghiile de nylon sunt de preferat celor de canepa (manila), acestea fiind mai elastice si facand noduri care nu se intepenesc daca se uda. Avionul se leaga nu foarte strans (cu franghia usor slabita), facandu-se noduri care nu aluneca. Daca franghia este foarte intinsa in cazul in care ploua, aceasta se tensioneaza si solicita structura avionului.



- Parcat cu fata in vant
- Aripile ancorate
- Cale la roti pentru a impiedica aeronava sa se deplaseze in spate
- Ancorarea cozii impiedica aeronava sa se deplaseze in fata

Fig. 1.49. Ancorarea aeronavei

Daca franghia este lasata prea slaba, vantul poate ridica avionul de pe sol, urmat de trantirea acestuia care chiar daca se face pe trenul de aterizare, produce socuri mecanice care solicita structura. Asigurati-vă, asadar, ca tensionarea cablurilor de ancorare este cea potrivita.

Acoperirea tubului pitot

Orice contaminari (ex: viespi, apa, gheata etc.) în tubul Pitot poate cauza erori de citire a indicatiilor instrumentelor de presiune – vitezometru, altimetru, variometru.

Atenționare: La controlul înainte de zbor trebuie înălțată husa.

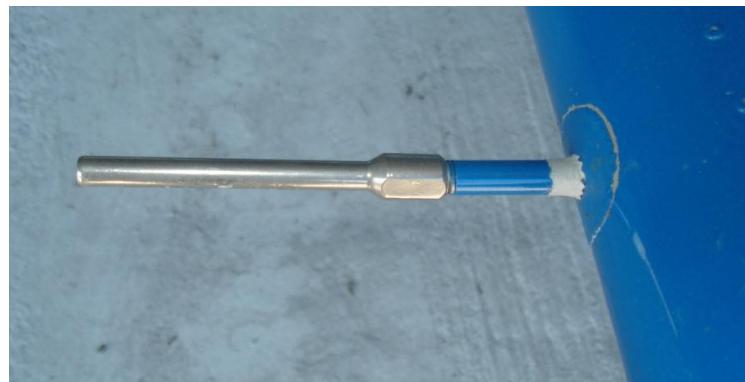


Fig. 1.50. Priza presiune totală Aerostar Festival



Fig. 1.51. Priza presiune totală IAR 46 S

2. Grupul Motopropulsor

2.1. Motorul aeronavei

Avioanele pot fi propulsate de o varietate de motoare, dar în principal se folosesc două tipuri – motorul cu piston și turbomotorul (motorul cu reacție).

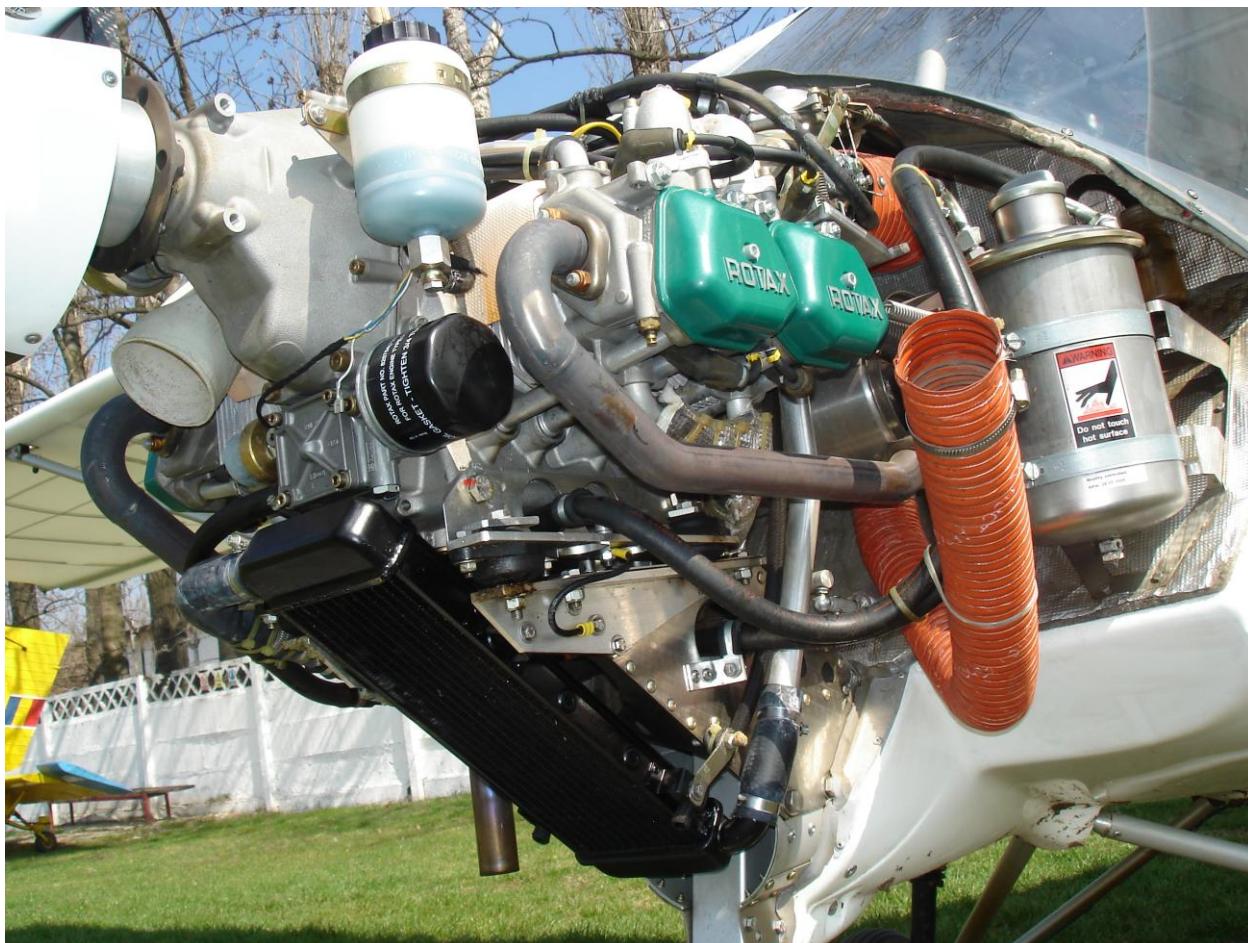


Fig. 2.1. Motor cu piston Rotax 912 – Ikarus C 42

2.1.1. Principiile de baza ale motorului cu piston

Motorul clasic are un număr de cilindri în interiorul carora culisează pistoanele. În fiecare cilindru amestecul carburant este ars, energia calorica cauzând extinderea gazelor și acționând în consecință asupra pistonului deplasându-l în interiorul cilindrului. Aceasta reprezintă transformarea energiei chimice a combustibilului în energie calorica și apoi în energie mecanică.

Pistonul este conectat prin biela la arborele motorului pe care îl roteste. Biela convertește mișcarea liniară a pistonului în mișcare de rotație a arborelui, care transmite energie generată de motor la elice. Majoritatea avioanelor au elicea cuplată direct la arborele cotit și arborele cotit este și arborele elicei. Elicea produce forță de tracțiune necesară zborului.

2.1.2. Constructia generală

Motorul cu piston are multe variante constructive din care multe sunt proprii echipariei avioanelor. Tipurile de motoare mai vechi aveau cilindrii dispuși radial în jurul arborelui cotit – ex: AN2. Motoarele radiale, denumite și în stea, au un excelent raport putere/greutate în gama de puteri mari necesare pentru operațiuni precum lucrul agricol.

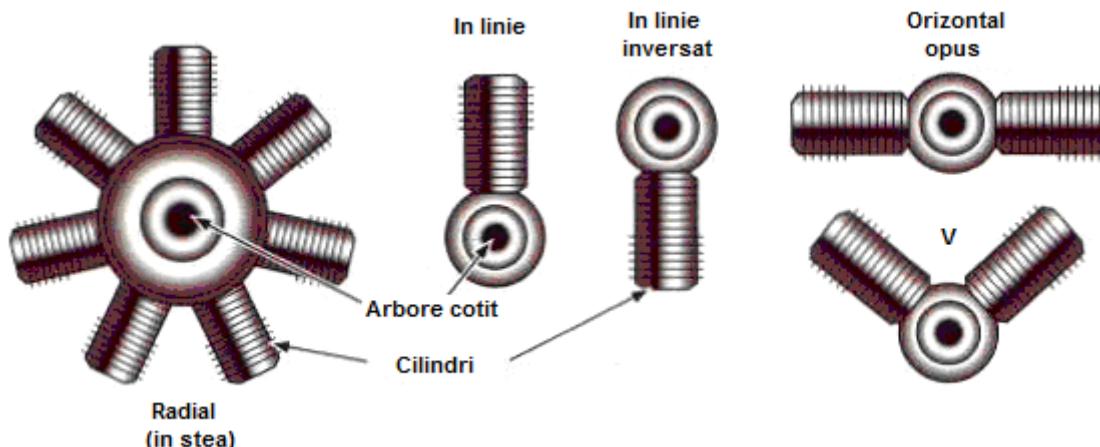


Fig. 2.2. Tipuri de motoare cu piston

Unele avioane au motoare în linie, la care cilindrii sunt dispuși în rand – același principiu de bază ca în cazul majoritatii motoarelor auto. Cateva din primele modele de avioane au avut motoare în linie cu cilindrii dispuși vertical deasupra arborelui cotit, cu capetele cilindrilor deasupra motorului.

Ridicarea liniei de forță într-o poziție corespunzătoare din considerente de proiectare au pozitionat cilindrii și implicit corpul motorului într-o poziție foarte înaltă. Acest fapt a obstrucționat vizibilitatea pilotului. Un alt dezavantaj la aceasta varianță este garda foarte mică a elicei față de sol, fapt care determină necesitatea unor jambe foarte lungi. Cea mai simplă soluție în rezolvarea acestor probleme a fost inversarea cilindrilor astfel încât arborele cotit să fie deasupra.

Deosemenea mai sunt și alte variante cum ar fi motoarele în V sau H (aceasta desemnând dispunerea cilindrilor), variante folosite la avioanele militare precum Spitfire sau Tempest care necesitau puteri mari (2000-3000 CP).

Pistonul culisand în cilindru reprezintă unul din peretii camerei de combustie. Pistonul este prevăzut cu segmenti care etanșează pistonul în cilindru prevenind orice pierdere de putere prin lateralele pistonului precum și trecerea uleiului în camera de ardere.

Arboarele cotit și biela transformă mișcarea în linie a pistonului în mișcare de rotație. Totodată, arborele cotit preia puterea de la toți cilindrii și o transferă la elice. Biela face legătura între arborele cotit și piston. Supapa (valva) de admisie permite intrarea amestecului carburant în cilindru. Cilindrul formează restul camerei în care amestecul combustibil este comprimat și ars. Supapa (valva) de evacuare permite gazelor arse să iasa din cilindru după combustia acestora. Bujile aprind amestecul combustibil.

Unul din cele mai uzuale motoare clasice folosite în prezent este motorul cu patru, sase sau opt cilindri dispuși orizontal și opusi.

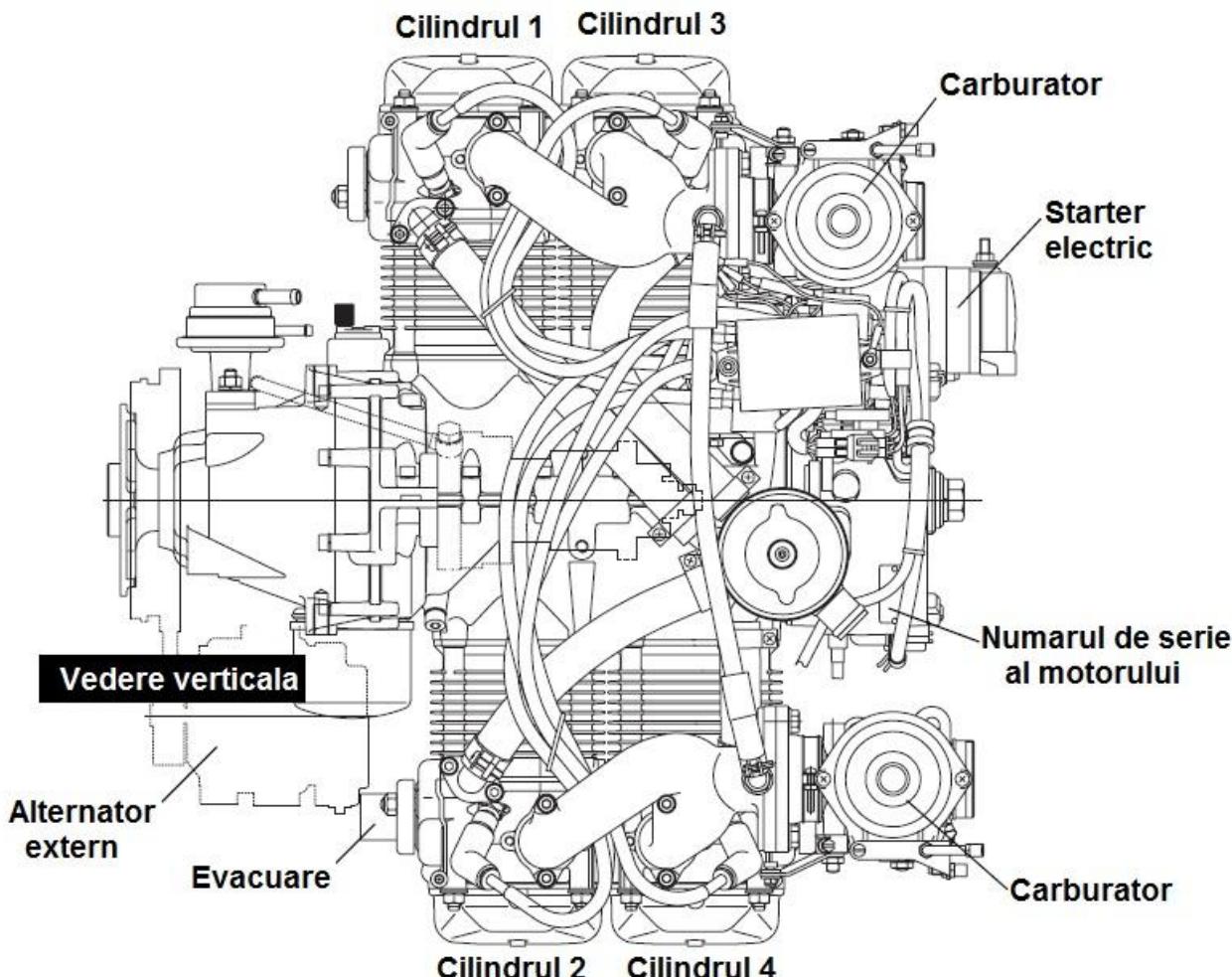


Fig. 2.3. Motor cu piston Rotax 912

2.1.3. Ciclul motorului in patru timpi

Ciclul complet al acestui motor cu piston este compus din patru curse complete ale pistonului în cilindru, de unde denumirea de motor în patru timpi.

Nikolaus Otto a descris și dezvoltat acest motor în 1876, astfel încât acest ciclu în patru timpi este cunoscut ca fiind ciclul Otto.

Cei patru timpi sunt:

- 1 - admisia;
- 2 - compresia;
- 3 - arderea (sau detenta);
- 4 - evacuarea.

Admisia reprezintă timpul în care amestecul este aspirat în cilindru. Pistonul culisează de la punctul mort superior (PMS) către punctul mort inferior (PMI) creând o depresiune în cilindru. Acest fapt face ca fluxul de aer din sistemul de admisie, trecând prin carburator (unde benzina este dozată și amestecată cu aer, rezultând amestecul carburant) să fie aspirat în cilindru prin supapa de admisie care este deschisă.

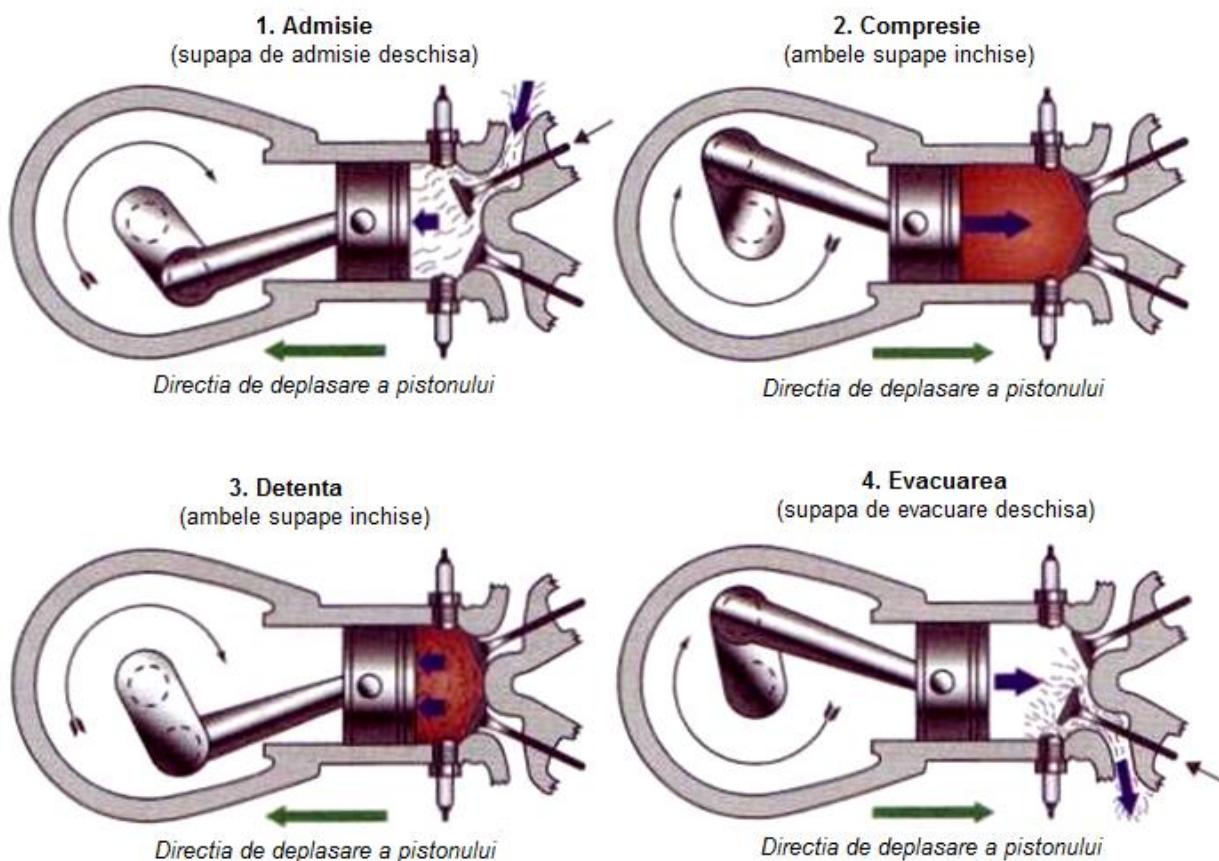


Fig. 2.4. Cei patru timpi ai unui motor cu piston

La inceputul compresiei, supapa de admisie se inchide si pistonul se intoarce catre PMS, marind astfel progresiv presiunea amestecului si implicit temperatura acestuia. La sfarsitul timpului (etapei) de compresie, amestecul este aprins de o descarcare electrica (scanteie) produsa intre electrozii bujiei, initiindu-se astfel arderea progresiva a amestecului (combustie). Acest fapt produce extinderea gazelor creandu-se astfel o presiune mare ce se exercita pe capul pistonului care in acest moment a trecut de varful cursei si este impins inapoi in cilindru in timpul de ardere. Exact inainte de terminarea arderii, supapa de evacuare se deschide si gazele arse sunt fortate sa iasa prin sistemul de evacuare in atmosfera.

Cand pistonul se apropie din nou de PMS in timp ce ultimele gaze arse sunt evacuate, supapa de admisie se deschide si cea de evacuare se inchide, initiindu-se astfel din nou primul timp-admisie, si ciclul se reia.

De notat ca intr-un ciclu Otto complet din cei patru timpi doar unul dezvoltă putere cu toate ca arborele cotit (care transmite puterea la elice) se roteste de două ori. Pentru creșterea puterii dezvoltate de motor și pentru asigurarea unei funcționări "rotunde", motorul are mai mulți cilindri ai căror timpi de ardere sunt esalonati la diferite pozitii pe parcursul rotatiei arborelui cotit. Aceste esalonari (spatieri) sunt egale astfel încât, la un motor cu patru cilindri (des întâlnit la avioanele de scoala), arborele cotit va primi în două rotații complete putere de la patru timpi diferiti de ardere – cate unul de la fiecare cilindru. În cazul unui motor cu sase cilindri vor fi sase timpi de ardere pe parcursul a două rotații.

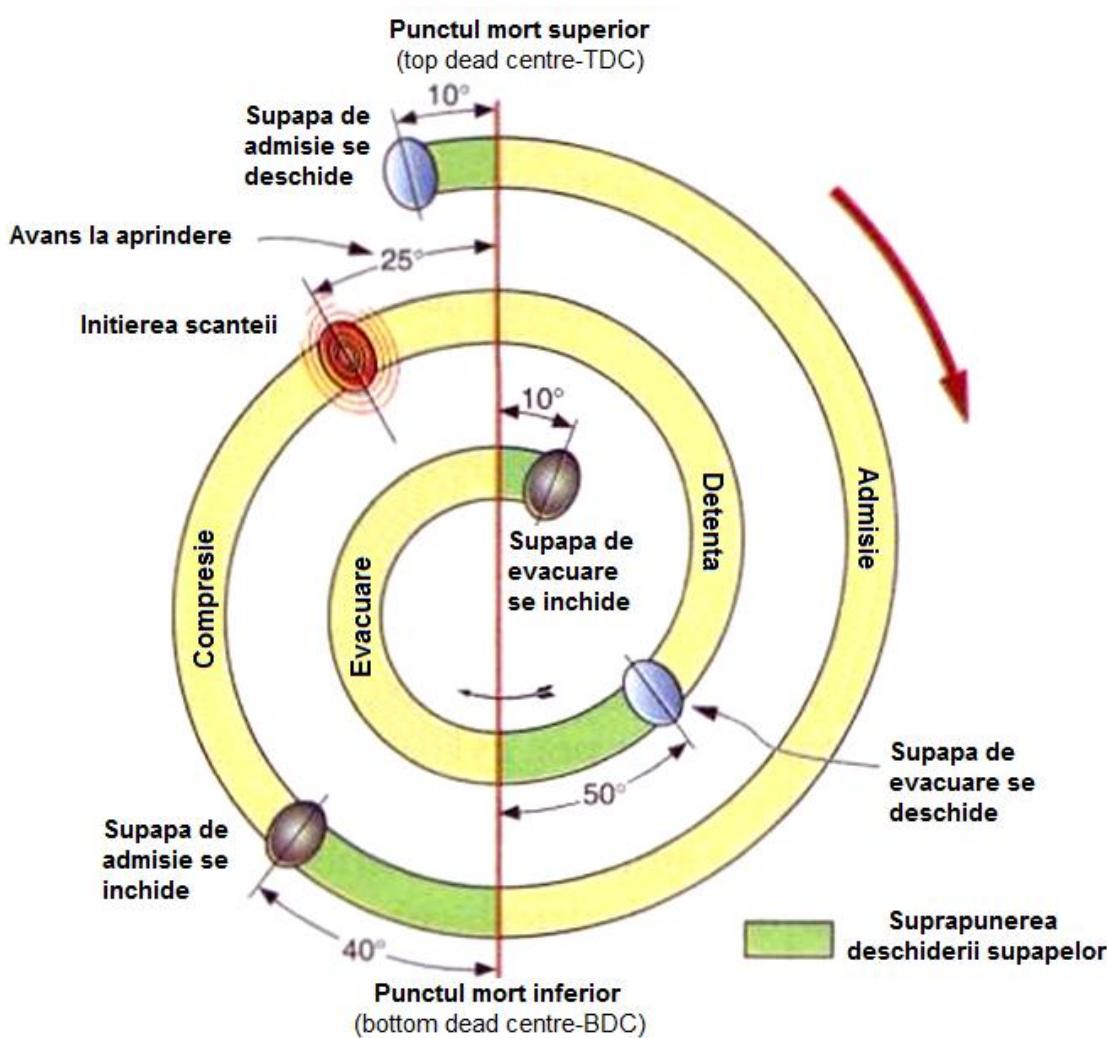


Fig. 2.5. Suprapunerea deschiderii supapelor la motorul în patru timpi

Compresia motorului

Motoarele sunt proiectate astfel incat valoarea presiunii de compresie produsa de piston va indica tipul de combustibil ce va fi folosit. Presiuni dezvoltate mai mari vor produce mai multa putere (la aceeasi capacitate data a motorului), dar necesita folosirea unui combustibil de calitate mai buna capabil sa suporte presiuni si temperaturi mari fara sa explodeze (fara sa produca detonatii).

Raportul de compresie al unui motor este raportul dintre volumul total al cilindrului cu pistonul la PMI si volumul liber de deasupra pistonului cand acesta este la PMS. Volumul cilindrului aspirat de piston in cursul unui timp se numeste volum aspirat.

$$\text{Raportul de compresie} = \text{Volumul total} / \text{Volumul liber}$$

Supapele si distributia

Supapa de admisie (care permite intrarea amestecului in cilindru) si supapa de evacuare (prin care gazele arse sunt eliminate) trebuie sa se deschida si sa se inchida la momente foarte precise legate de miscarea pistonului. Pentru a putea realiza aceasta corelare exista axa cu came antrenata de arborele cotit prin intermediul unui angrenaj cu roti dintate.

Axa cu came se roteste cu jumata din viteza de rotatie a arborelui cotit si actioneaza culutorii (prin intermediul tijelor tachetilor) care apasa si deschid supapele (comprimand si arcurile acestora). Momentul exact de actionare a supapelor este calculat de proiectant si trebuie sa fie punctul optim conform ciclului motorului.

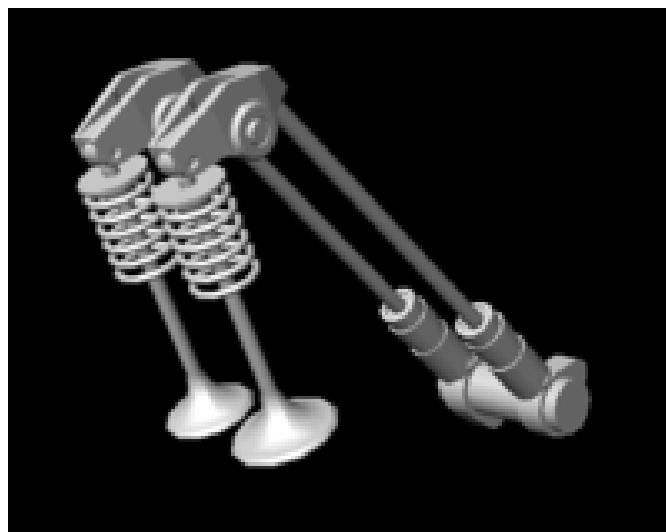


Fig. 2.6. Supape

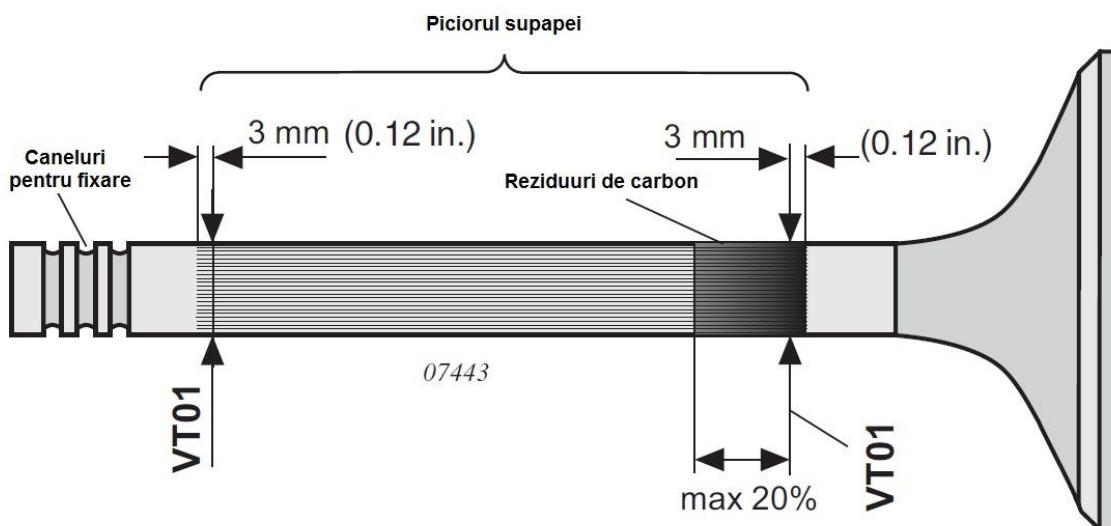


Fig. 2.7. Supapa motor Rotax 912

Uzual viteza de rotatie a motorului in regim de lucru este de 2400 rotatii pe minut. Fiecare supapa de admisie se deschide si se inchide odata la patru curse ale pistonului, adica odata la doua rotatii complete a arborelui cotit. Prin urmare axa cu came se roteste cu jumata din viteza arborelui cotit. La 2400 rot/min fiecare supapa se deschide si inchide de 1200 ori pe minut – de 20 de ori pe secunda.

Puterea pe care o dezvolta motorul depinde de cantitatea de amestec care poate fi introdusa in cilindru in timpul admisiei, durata acestui proces fiind foarte scurta.

Supapa de admisie deschizandu-se exact inainte ca pistonul sa atinga PMS si inchizandu-se imediat dupa ce pistonul trece de PMI determina timpul de admisie extins astfel la maximum. Aceste momente se numesc atacul supapei si eliberarea supapei.

Similar, supapa de evacuare se deschide imediat inainte de PMI si se inchide imediat dupa PMS pentru timpul patru (de evacuare) si inceputul timpului de admisie.

De notat ca, pentru o foarte scurta perioada de timp, la startul timpului de admisie, gazele arse sunt inca in timpul eliminarii din cilindru (cu supapa de evacuare deschisa), in timp ce amestecul proaspat incepe sa intre prin supapa deschisa de admisie. Aceasta scurta perioada cand ambele supape (admisie si evacuare) sunt deschise se numeste suprapunerea deschiderii supapelor.

Arderea

O scanteie de inalta tensiune este produsa in cilindru cu putin inainte ca pistonul sa atinga PMS si sa inceapa timpul de ardere. Aceasta scanteie usor devansata permite initierea unui front de flacara controlat care incepe sa se deplaseze prin amestecul care a fost comprimat in cilindru. Gazele incep sa se destinda datorita arderii si exercita o presiune foarte mare asupra pistonului pe perioada coborarii acestuia in cilindru in timpul trei al ciclului (al arderii). Scopul sistemului de aprindere este sa produca scanteia temporizata pentru fiecare cilindru.

Majoritatea motoarelor de aviatie au sistemul de aprindere dual (si independent), care functioneaza in paralel unul cu celalalt, fiecare sistem alimentand una din cele doua bujii montate pe fiecare cilindru. Acest sistem dual este mai sigur in cazul cedarii uneia din sisteme si permite o crestere a randamentului arderii.

Curentul electric de inalta tensiune necesar alimentarii bujiilor este produs de componentelete motorului numite magnetouri, cate un magnetou pentru fiecare din cele doua sisteme ale aprinderii. Fiecare magnetou este antrenat mecanic de motor si genereaza curent electric care este distribuit la bujii la momentul exact.

Magnetoul consta dintr-un magnet care este rotit (in interiorul carcasei sale) in apropierea unui conductor care are o infasurare in jurul sau. Rotatia magnetului induce un curent electric in infasurare. In jurul acestei infasurari primare se afla infasurarea secundara care are un numar mult mai mare de spire – un transformator – care transforma voltajul primarului intr-un curent de voltaj mult mai mare. Aceasta inalta tensiune este directionata sa alimenteze fiecare bujie la momentul potrivit, producand o scanteie intre electrozii acestora care initiaza aprinderea amestecului comprimat in camera de ardere.

Temporizarea producerii scanteii este esentiala. Fiecare magnetou are un set de contactori (ruptorul) care sunt fortiati sa se deschida si sa se inchida de catre o cama care este parte a axului magnetului care se roteste. Intrerupatorul face parte din circuitul primar si cand se deschide intrerupe curentul care trece prin acesta. Caderea brusca a curentului din circuitul primar (ajutata de un condensator sau capacitor plasat intre ploti) induce inalta tensiune necesara in infasurarea secundara.

Bujia este plasata in circuitul secundar si tensiunea inalta – cca 20.000 volti – dintre electrozi cauzeaza producerea scanteii.

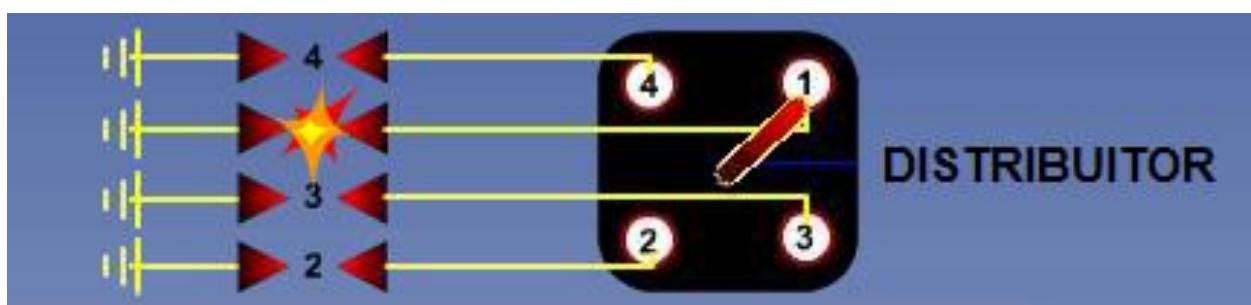


Fig. 2.8. Distribuitor

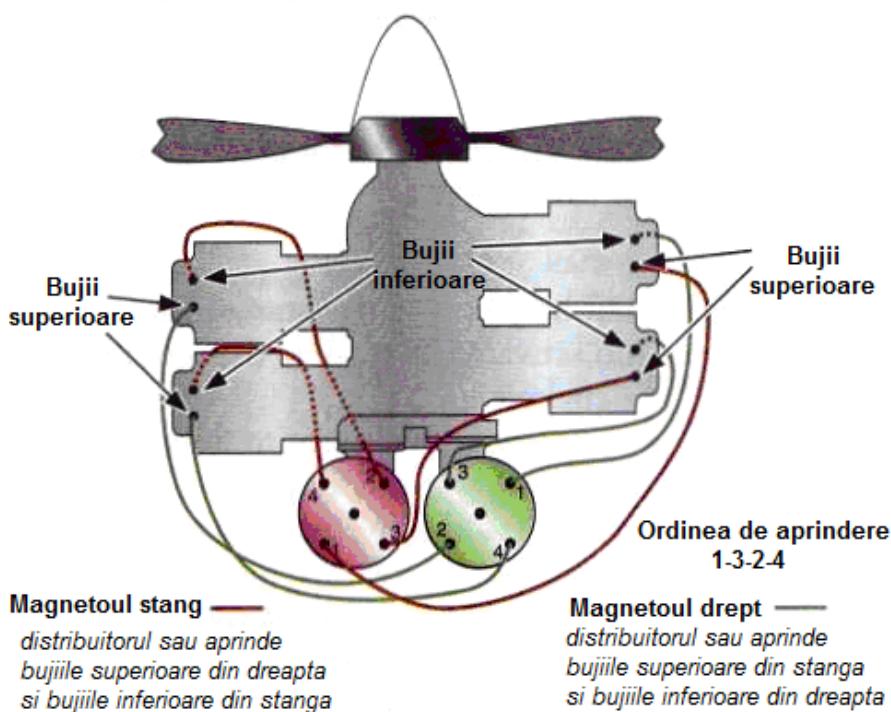


Fig. 2.9. Sistemul de aprindere

Cum ciclul fiecarui cilindru este defazat fata de ale celorlalți, curentul trebuie să fie distribuit catre fiecare bujie la momentul exact (putin înainte de începerea arderii). Distribuitorul este componenta magnetoului care indeplinește aceasta funcție.

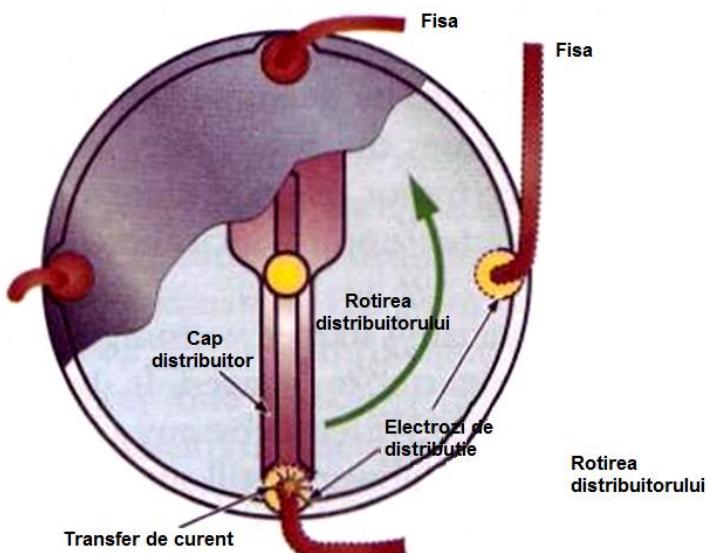


Fig. 2.10. Distribuirea scanteii pentru fiecare cilindru

Amestecul carburant din fiecare cilindru se aprinde odată la fiecare două rotații ale arborelui cotit și distribuitorul are un rotor a cărui rotație este demultiplicată față de cea a arborelui cotit, astfel încât acesta se rotește complet odată la fiecare două rotații complete ale arborelui. Cu alte cuvinte, rotorul distribuitorului face o turatie completă pe tot ciclul de patru timpi al motorului. Odată la fiecare rotație rotorul distribuitorului distribuie curentul de înaltă tensiune din circuitul secundar fiecarui cilindru în ordinea corectă a arderii.

Circuite separate pentru bujiile apartinând aceluiași sistem de aprindere (una pe cilindru) pleacă din terminalele diferite ale cutiei distribuitorului. Firele circuitelor (fisele) sunt înmanunchiate adesea, împreună formând cablajul aprinderii. Pierderile de curent din cablajul aprinderii cauzează mersul inconstant al motorului (aceasta poate să apară la altitudini mari, chiar dacă nu se manifestă la nivelul marii). Unul din obiectivele inspectiei înainte de zbor este o verificare vizuală a izolării cablajului aprinderii (eventuala existenta a crapaturilor sau exfolierilor datorate caldurii,etc.).

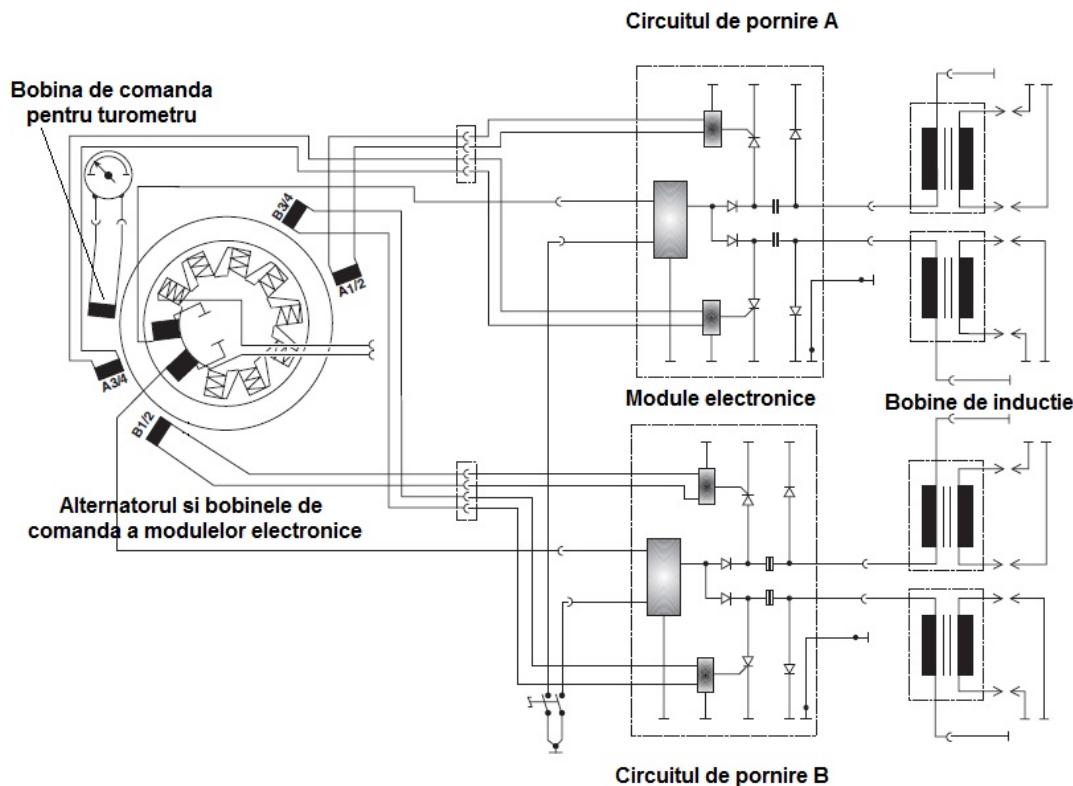


Fig. 2.11. Sistem de aprindere motor Rotax 912

Sistemul de evacuare

Gazele arse sunt evacuate din motor și eliberate în atmosferă prin sistemul de evacuare. Starea acestuia este importantă pentru a nu permite scăpare de gaze care să se infiltreze în cabina, deoarece acestea conțin monoxid de carbon, un gaz incolor și inodor care este dificil de detectat dar care poate cauza inconștientă sau moarte.

2.2. Sistemul de racire al motorului

Motorul cu piston transforma energia chimica a combustibilului in caldura si energie de presiune prin combustie, iar aceasta este mai departe transformata in energie mecanica pentru a roti elicea. Transferul de energie mecanica nu este complet si perfect. Pierderile de energie precum caldura si zgomotul pot totaliza mai mult decat jumata din energia totala a combustibilului.

Arderea amestecului carburant in cilindrii motorului si frictiunea partilor sale aflate in miscare au ca rezultat incalzirea motorului. Temperaturile excesiv de mari ale motorului ar trebui evitate deoarece ele vor:

- a) reduce eficienta sistemului de ungere;
- b) afecta arderea amestecului carburant in mod advers;
- c) cauza detonatii in cilindri;
- d) slabii componente motorului si vor scurta viata motorului.

2.2.1. Racirea cu aer

Majoritatea motoarelor avioanelor moderne usoare sunt racite cu aer prin expunerea cilindrilor si a aripioarelor de racire la un curent de aer. Aripioarele de racire cresc suprafata expusa curentului de aer pentru a permite o racire mai buna.

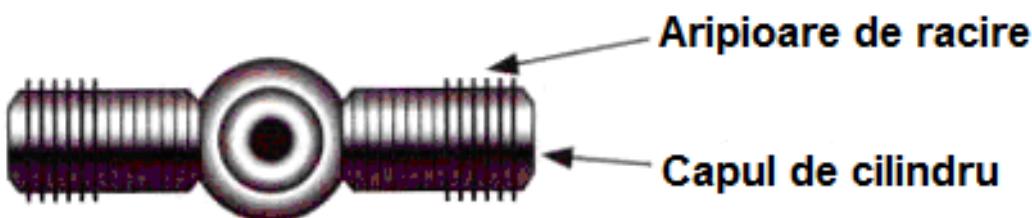


Fig. 2.12. Aripioarele de racire la un motor cu cilindrii orizontali opusi

Cand curentul de aer trece in jurul unui cilindru poate deveni turbulent si se poate rupe intr-o asemenea maniera incat sa apara o racire inegală, formind puncte de caldura locale, slab racite. Pentru a evita aceasta racire inegală, fantele capotei motorului in partea din fata preiau aerul din zona de inalta presiune din spatele elicei si il distribuie cat se poate de egal in jurul cilindrilor, unele motoare avand in acest scop prevazute deflectoare de curent de aer. Dupa racirea motorului, aeruliese prin fante special prevazute in partea din spatele motorului.

Racirea aerului este cel mai putin eficienta la regimuri mari de functionare si viteza redusa a aerului, de exemplu la decolare. Regimul ridicat de putere produce multa caldura si viteza de aer scazuta ofera numai un curent de aer redus care sa ajute la racire. La viteze de aer ridicate si regimuri scazute de putere, ca de exemplu la coborare, racirea poate fi prea eficienta.

2.2.2. Sistemul de racire

Unele avioane au incastrate in capotele motorului, voleti reglabili pentru racire care pot fi actionati (electric sau manual) din cabina, oferindu-i pilotului mai mult control asupra racirii motorului. Voletii deschisi permit unei cantitati mai mari de aer sa iasa din compartimentul motorului. Aceasta cauzeaza un curent de aer crescut peste si in jurul motorului. Voletii deschisi fac ca rezistenta la inaintare sa creasca (uneori este mentionata ca "rezistenta de racire"). Voletii inchisi vor reduce curentul de aer in comparatie cu atunci cand sunt deschisi, reducind astfel racirea motorului.

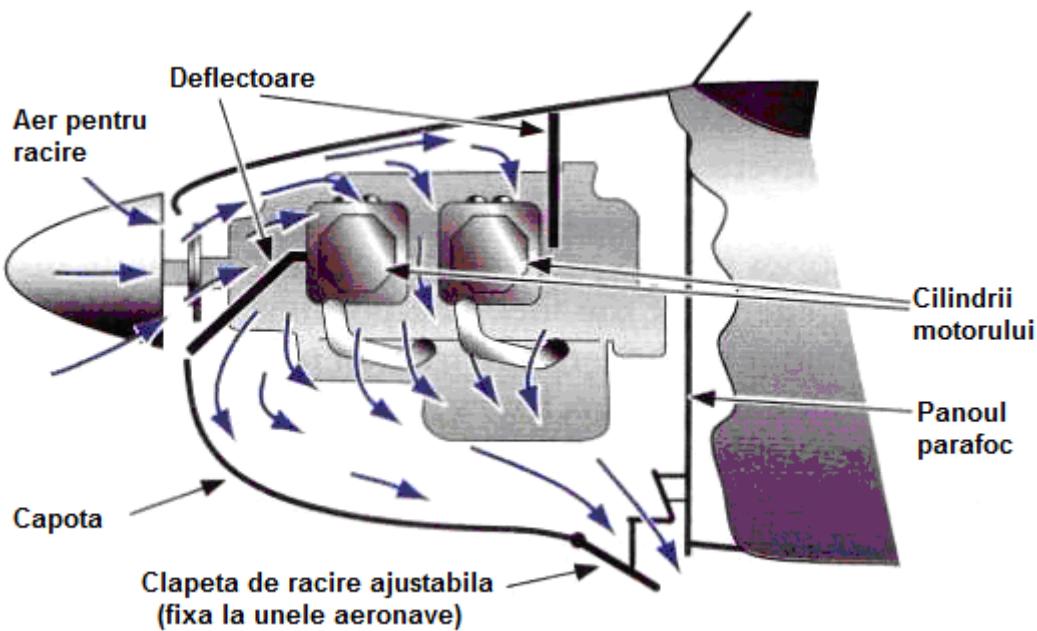


Fig. 2.13. Clapeta de racire si racirea motorului

Voletii de racire trebuie folositi cu atentie in cantitati mici, tinind cont de conditiile ambientale. De obicei sunt deschisi pentru decolare, parcial deschisi in urcare sau in timpul zborului de croaziera, si inchisi aproape complet in timpul unei coborari fara putere. Vor fi deschisi la apropierea de sol, cand va fi necesara o crestere a puterii la o viteza a aerului scazuta. Voletii trebuie deschisi cand se ruleaza pe sol, pentru a ajuta la disiparea caldurii motorului.

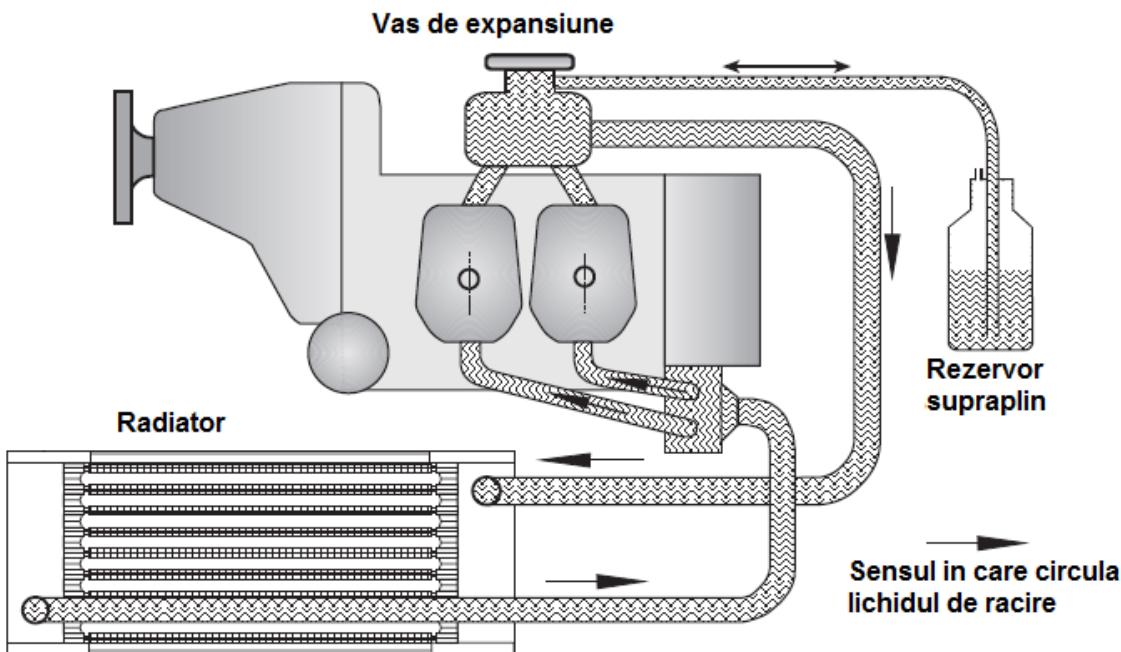


Fig. 2.14. Sistemul de racire cu lichid de racire

2.2.3. Temperatura chiulaselor cilindrilor

Factorul de decizie asupra reglajului voletilor este temperatura chiulaselor cilindrilor, sau temperatura anticipata a acestora, si aceasta este indicata in cabina de un aparat indicator al temperaturii chiulaselor cilindrilor (CHT).

Trebuie monitorizata temperatura la chiulasa in timpul zborului dar si la sol, cand racirea este mai slaba. Manualul de zbor al aeronavei va indica temperaturile minime, recomandate si maxime pentru o functionare optima a motorului.



Fig. 2.15. Indicator de temperatura chiulasa Rotax 912

Daca temperaturile de la chiulasa cresc pe timpul zborului, racirea motorului poate fi imbunatatita de:

- deschiderea completa a voletilor (pentru a permite un curent de aer mai mare in jurul motorului);
- imbogatirea amestecului (surplusul de combustibil are un efect de racire in cilindri datorita cantitatii mai mari evaporate, astfel ca un amestec bogat raceste mai bine decat un amestec sarac);
- reducerea puterii motorului (astfel incat sa produca mai putina caldura);
- cresterea vitezei (pentru o racire mai buna a motorului).

Intr-o urcare se poate reduce puterea motorului, creste viteza si urca cu o rata de urcare mai mica. La zborul de croaziera cu viteze normale, nu se poate reduce puterea si creste viteza aerului decat incepand o coborare; solutia ar fi, pentru rezolvarea acestei probleme, folosirea inaltimii de siguranta.

Alti factori care influenteaza racirea motorului asupra carora pilotul are foarte putin control in timpul zborului include:

- starea radiatorului de racire a uleiului. Un radiator de ulei murdar si ineficient nu va permite cea mai buna racire a uleiului care circula prin el. Uleiul, fiind mai cald decat se doreste, va fi incapabil sa duca la fel de multa caldura de la motor, si sa isi si reduca calitatile de vascozitate si ungere, ceea ce poate duce la crearea de temperaturi mai mari in motor.
- temperatura aerului exterior. Evident, aerul cald nu va raci motorul la fel de bine ca aerul rece.

Nota: La unele avioane coiful elicei este parte a sistemului de dirijare a curentului de aer pentru racirea motorului, asa ca aceste avioane nu trebuie sa zboare fara ca acest coif al elicei sa fie montat.

2.2.4. Ventilarea cabinei, sistemul de incalzire

Confortul pilotului este important pentru un zbor eficient și în siguranță și de aceea majoritatea avioanelor au sisteme de ventilare și incalzire. Calitatea vizibilității frontale este importantă, astfel că sistemele de ventilare sunt prevăzute și cu posibilitatea dezaburirii și degivrării parbrizului.

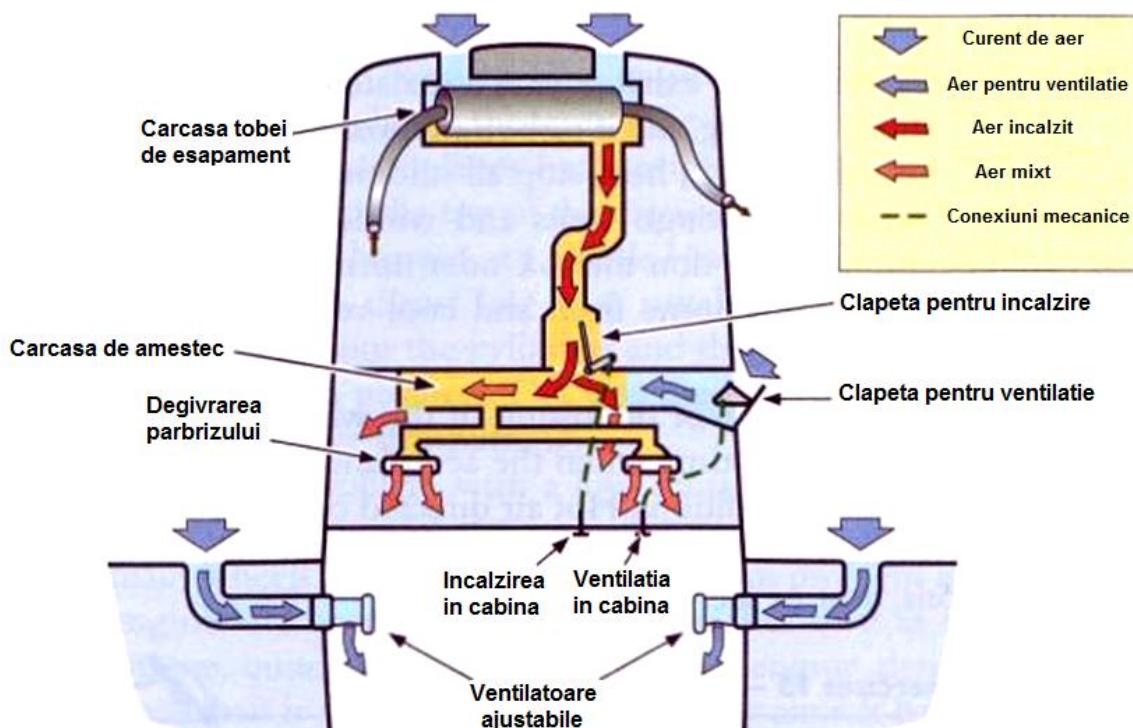


Fig. 2.16. Ventilarea cabinei, incalzirea și degivrarea

O ventilare bună este esențială pentru a asigura aprovisionarea ocupanților cu aer proaspăt. Direcționarea curentului de aer din cabina către pasageri este utilă pentru a preveni și combate raul (disconfortul) de miscare.

Incalzirea cabinei are ca scop asigurarea unui climat confortabil în cabina. Majoritatea sistemelor de incalzire utilizează aer cald de la motor și sistemul de evacuare a gazelor arse și permite pilotului să-l direcționeze către diverse zone din cabina. Controlul temperaturii poate fi obținut prin amestecul aerului incalzit cu aer rece din sistemul de ventilare. Incalzirea cabinei poate fi necesară când se zboara la temperaturi mici sau la înalțimi mari – în condiții în care temperatura aerului descrește cu 2°C la 1000ft în condiții de atmosferă standard.

2.2.5. Prezența monoxidului de carbon

Există un risc în folosirea sistemului de incalzire a cabinei care trebuie evitat. Orice scurgeri în zona sistemului de evacuare a gazelor arse sau a schimbatorului de căldură poate conduce la infiltrarea în cabina a monoxidului de carbon de la motor în amestec cu aerul cald. Monoxidul de carbon se produce în timpul combustiei și este un gaz incolor, inodor dar foarte nociv. Aceasta disloca oxigenul din sânge și poate cauza:

- dureri de cap
- dezorientare
- ameteli
- tulburarea vederii
- incetinirea ritmului respirației
- pierderea cunoștinței și
- în cazuri extreme, moartea

Sesizarea miroslui altor gaze din sistemul de evacuare asociate cu monoxidul de carbon constituie un semnal de alarma si daca se suspecteaza prezenta acestuia in cabina se inchide sistemul de incalzire, se opreste fumatul si se deschid toate gurile de ventilatie. Daca exista masti de oxigen, atunci ele trebuie folosite.

2.3. Sistemul de ungere al motorului

2.3.1. Funcționare și metode de ungere

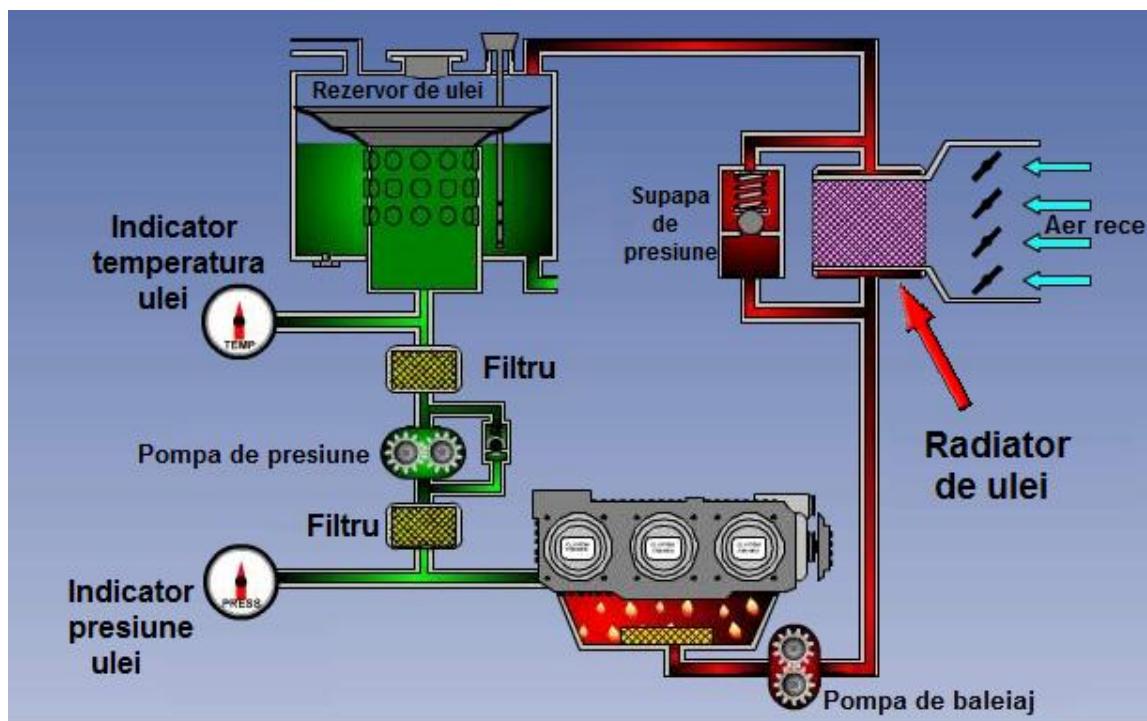


Fig. 2.17. Sistem de ungere cu carter uscat

Rolul uleiului din motor

Daca o pelicula de ulei separa doua suprafete de metal va preveni frecarea acestora. Fara ulei ar exista forte mari de frictiune, cauzand dezvoltarea unor temperaturi foarte ridicate in metal, cu o deteriorare a suprafetelor in contact si, probabil, deteriorari mecanice majore.

Este esential ca uleiul sa fie suficient si de tipul potrivit, reducand frictiunea intre suprafetele metalice in miscare din interiorul motorului.

Pelicula de ulei va permite celor doua suprafete de metal sa alunec una peste cealalta fara sa se atinga efectiv. Vor exista doar forte de frictiune scazute, si, prin urmare, sunt evitate temperaturile ridicate in metal. Frictiunea metalica este inlocuita de frictiunea interna a uleiului in procesul de ungere.

Un strat subtire de ulei va adera la suprafata de metal, si, deoarece suprafetele de metal se misca relativ una fata de cealalta, va exista o forfecare a straturilor de ulei intre cele doua suprafete (alunecarea unui strat peste celalalt).

Caldura generata pe pelicula de ulei de aceasta alunecare este indepartata prin circulatia continua a uleiului – uleiul fierbinte este luat si racit intr-o componenta cunoscuta ca radiator de racire a uleiului, care este expus curentului de aer. Componentele motorului care sunt supuse unor mari eforturi, cum ar fi sarcinile la fiecare lagăr la ambele capete ale bielei, indeosebi lagarele arborelui cotit, sunt absorbite printr-un strat de ulei si socul mecanic asupra lor este redus.



Pistoanele preiau multă caldura din camera de combustie și sunt racite de uleiul direcționat asupra lor de dedesubt, din zona bielei. Ungerea și racirea lagarelor și a pistoanelor este esențială și aceasta este principala funcție a uleiului.

Uleiul care circula printr-un motor poate prelua depunerile și alte materiale strâne, reducând astfel încarcatura abrazivă de pe partile aflate în mișcare ale motorului. Aceasta contaminare este reținută de filtrul de ulei. Dacă filtrul nu este curat (nu este schimbat la timp), se poate bloca, facind ca uleiul murdar să treaca pe lângă filtru și să circule în interiorul sistemului de ungere al motorului. Uleiul murdar are calități mai slabe de racire și ungere și de aceea motorul va suferi – va exista o rată crescută de uzură care va scurta viața motorului. Uleiul asigură de asemenea etansarea, ca de exemplu între peretele cilindrului și piston pe masura ce se mișcă în sus și în jos. Aceasta impiedică gazele comprimate (amestec carburant) să scape printre segmentii pistonului în carterul motorului.

2.3.2. Proprietățile uleiului

Uleiul trebuie să fie suficient de vascos pe toată aria de temperaturi de operare a motorului – trebuie să curgă liber, dar să nu fie prea subțire. Un ulei cu o mare vascositate curge incet; uleiul cu vascositate redusă curge mai usor. Temperaturile ridicate fac uleiul mai puțin vascos și să curgă mai liber. Uleiul trebuie să ramane suficient de vascos sub gama variată de temperaturi de operare și să asigure presiunile pe lagarele aflate în motoarele de aviație.

Temperaturile excesiv de ridicate afectează calitatele de ungere ale uleiului, slabindu-i eficiența, astăzi că trebuie monitorizat indicatorul de temperatură a uleiului.

Posesorul sau utilizatorul avionului poate decide să folosească ulei cu o vascositate mai scăzută decât este normal pe vreme rece. În același mod, un ulei de o vascositate mai mare poate fi folosit dacă avionul urmează să fie operat într-un climat cald. Nu trebuie amestecate tipurile de ulei.

Uleiul trebuie să aibă un punct înalt de inflamabilitate și un punct înalt de aprindere pentru a se asigura că nu se va evapora în exces sau că va lua foc usor. Uleiul trebuie să fie stabil chimic și să nu își schimbe starea sau caracteristicile.

2.3.3. Sisteme de ungere

După ce trece prin motor, uleiul se aduna în colector (baia de ulei), care este un rezervor atașat de partea joasă a carterului motorului.

Un motor cu colector umed (baie de ulei) are un vas în care uleiul este înmagazinat. Majoritatea motoarelor de pe avioanele usoare sunt motoare cu colector umed.

Un motor cu colector uscat are pompă de evacuare care preia uleiul din colectorul atașat la partea de jos a carterului motorului și îl pompează înapoi în rezervorul de ulei, care este separat de motor. Este normal să existe un sistem de ulei cu colector uscat la avioanele de acrobatie aeriană care se gasesc de obicei în atitudini neobișnuite. Avioanele Extra, Zlin, Tiger Moth și Chipmunk au sisteme de colectare uscate. Motoarele radiale precum cele de pe AN-2, IAK-52, Harvard, Dakota (DC - 3) și DHC Beaver au de asemenea sisteme de ulei cu colector uscat.

De obicei pompă de alimentare cu ulei actionată de motor este cea care provoacă motorul cu ulei de la colector sau rezervorul de ulei prin conducte, canale și galerii către partile aflate în mișcare ale motorului. În interiorul pompei de ulei se află o supapa de reducere a presiunii uleiului. Dacă presiunea asupra supapei de reducere a presiunii este depasită, aceasta se va deschide permitând uleiului să se întoarcă în orificiul de intrare al pompei.

Un indicator de presiune a uleiului în cabina indică presiunea uleiului oferita de pompa de ulei, senzorul de presiune a uleiului este situat după pompa de ulei și înainte ca uleiul să intre în circuitul din motor.

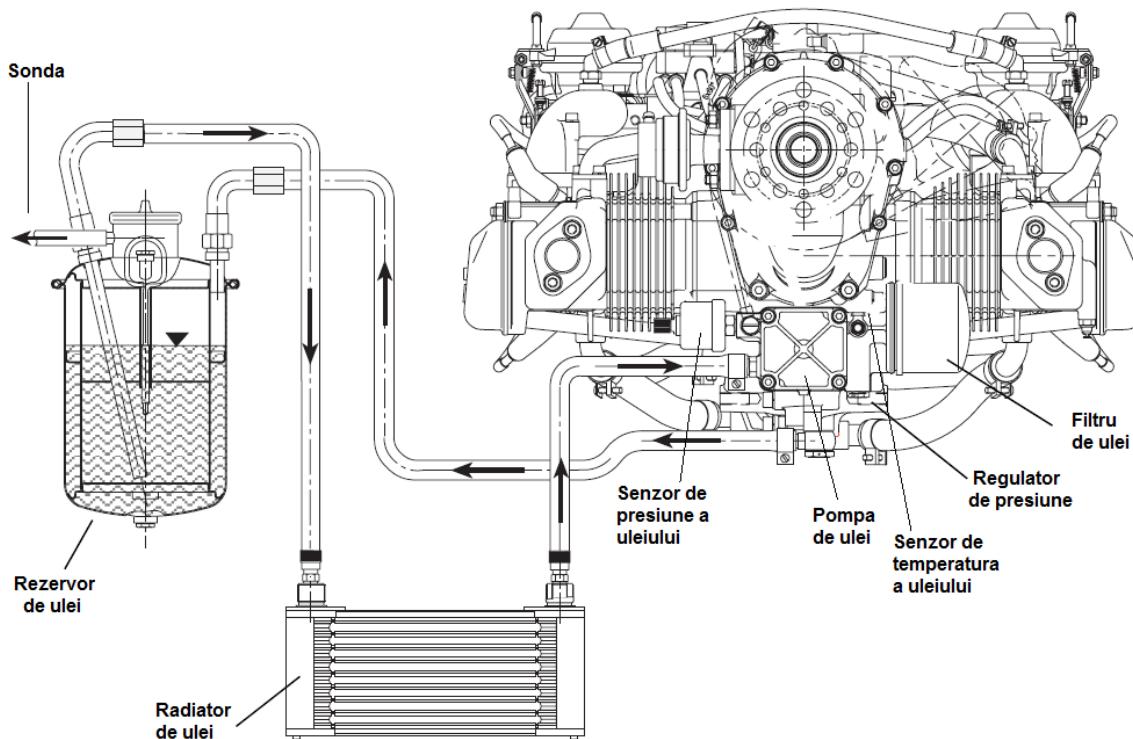


Fig. 2.18. Sistemul de ungere la motorul Rotax 912

2.3.4. Filtrele de ulei

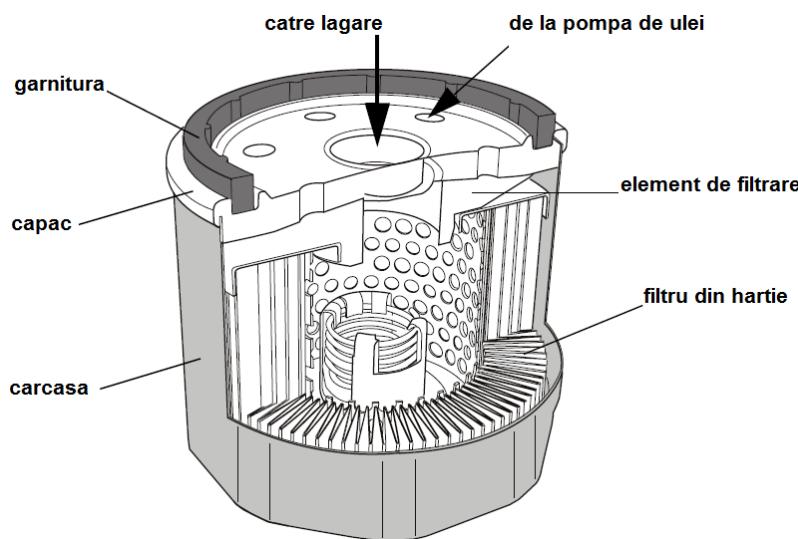


Fig. 2.19. Structura unui filtru de ulei

Filtrele de ulei sunt integrate în sistem pentru a înălța orice materie strânsă precum mizerie sau particule de carbon din uleiul care circula. Filtrele de ulei ar trebui înlocuite la intervale regulate, astfel cum se specifică în "Programul de întreținere", și inspectate, deoarece colectorul de ulei ar putea oferi indicații asupra condiției motorului (particule mici de metal ar putea indica o deteriorare mecanică iminentă). Unele motoare au prevăzută în zona colectorului sesizoare de span (particule mici de metal) și un sistem de semnalizare în cabina echipajului.

In interiorul corpului filtrului de ulei se afla o supapa de ocolire (bypass) a filtrului de ulei. Aceasta supapa permite uleiului sa treaca pe langa filtru in cazul in care acesta este infundat. Uleiul murdar si impur este de preferat lipsei complete de ulei.

Uleiul circula in jurul partilor aflate in miscare si prin motor – ungand, curatand, si racind - si apoi se intoarce in colectorul umed prin gravitatie, sau intr-un rezervor separat de ulei prin pompele de evacuare (intr-un sistem cu colector uscat). Pompele de evacuare au un debit mai mare de pompare decat Pompele de alimentare cu ulei pentru a asigura evacuarea uleiului din motor.

Uleiul din motor absoarbe o mare cantitate de caldura la trecerea sa prin motor, si racirea care are loc in colector este de obicei insuficienta, asa ca majoritatea motoarelor au un radiator de racire a uleiului care opereaza intr-un proces de schimb de caldura prin curentul de aer. Uleiul ajunge in radiatorul de racire a uleiului dupa ce a fost pompat din colector prin filtrul de ulei.



Fig. 2.20. Filtre de ulei tip Rotax

Daca uleiul este rece, o supapa de scurcircuitare dirijeaza uleiul ocolind radiatorul de racire, deoarece nu este nevoie de racire si pentru a evita spargerea acestuia datorita presiunii mari, mai ales iarna. Odata ce uleiul este cald (cand motoul s-a incalzit), este directionat prin radiatorul de racire al uleiului. Radiatorul de racire al uleiului este de obicei situat in sistemul de ulei astfel incat uleiul se raceste putin in colector, apoi trece prin radiator pentru a fi racit mai mult, inainte de a intra in partile principale ale motorului.

Ca parte a inspectiei zilnice de dinaintea zborului trebuie verificata starea radiatorului de racire a uleiului pentru:

- a) starea de curatenie a partii frontale -lipsa de insecte, cuiburi de pasari sau alte impuritati (trebuie verificat daca exista o trecere libera a aerului prin fagurii radiatorului); si
- b) orice scurgere de ulei sau fisuri.

Un indicator de temperatura a uleiului este amplasat in cabina. Acesta este conectat la o sonda de temperatura care monitorizeaza temperatura uleiului dupa ce a trecut prin radiatorul de racire al uleiului si inainte sa fie folosit in sectiunile fierbinti ale motorului.

Unele avioane au un indicator de masurare a temperaturii chiulaselor pentru a oferi un alt indiciu al temperaturii motorului, in zona care inconjoara chiulasa cilindrului.

2.3.5. Schimburile de ulei

Schimbarea uleiului este necesara periodic. Daca acelasi ulei este folosit incontinuu, dupa o perioada de timp va deveni foarte murdar deoarece filtrele nu il mai pot curata.

Schimbarile chimice vor aparea in ulei si sub forma de:

- oxidarea cauzata de contaminarea de la unele din produsele colaterale ale combustiei in motor; si
- absorbția apei care se condenseaza in motor cand se raceste dupa oprire.

De aceea uleiul trebuie sa fie schimbat la intervale regulate, asa cum se cere in Programul de Intretinere. Este recomandat sa se foloseasca doar tipul si gradul indicat de ulei si nu trebuie sa se foloseasca amestecate uleiuri cu grade diferite.

Nota: Ghidul de operare al pilotului va arata de obicei gradul de ulei sub forma de evaluare SAE (Society of Automotive Engineers). Totusi, uleiul pentru aviatia comerciala are un numar CAN (commercial aviation number) care este dublul fata de evaluarea SAE: 80 grade ulei = SAE 40; 100 grade ulei = SAE 50.

Rodajul motoarelor noi sau reparate capital

Daca motorul este nou sau reparat capital, procedeele de rodare trebuie urmate cu strictete. Este o practica normala ca la operarea motorului pentru primele 25 pana la 50 ore sa fie folosit ulei de rodaj (ulei care nu contine aditivi cu proprietati de curatire). Daca exista dubiu, trebuie consultat un inginer, deoarece procedeele gresite de rodare sau folosirea unui ulei gresit pot cauza daune semnificative.

2.3.6. Functionarea anormala a sistemului de ungere

Tipul uleiului

Tipul incoprect de ulei va cauza o ungere scazuta, o racire insuficienta si daune ale motorului. Temperatura uleiului si indicatiile de presiune pot fi anormale.

Cantitatea de ulei

Nivelul uleiului trebuie verificat inaintea zborului, deoarece treptat scade din cauza:

- arderii peliculei de ulei odata cu amestecul carburant in cilindri;
- pierderii sub forma de ceata sau stropi prin evaporarea uleiului; si
- scurgeri

Există o rigla de masurare a uleiului in rezervor. Aceasta arata cantitatile de ulei maxime si minime. In cazul in care cantitatea de ulei este sub minim, veti descoperi ca uleiul se supraincalzeste si/sau presiunea uleiului este prea scazuta sau este fluctuanta. In cazul in care cantitatea de ulei este prea mare, atunci uleiul in exces poate fi fortat sa iasa prin diferite parti ale motorului, cum ar fi pe la simeringul de etansare al axului frontal al motorului sau prin sistemul de aerisire al instalatiei de ulei.

Presiunea scazuta a uleiului

La un regim de putere normala, o presiune scazuta a uleiului poate indica o lipsa de ulei si o defectare iminenta a motorului.

Presiunea scazuta a uleiului ar putea inseamna:

- lipsa de ulei datorata unei defectiuni din sistemul de ungere;
- ulei insuficient;
- pierderi de la rezervorul de ulei sau de la conductele de ulei;
- defectarea pompei de ulei;

- e) uzura motorului, precum jocuri mari la lagarele arborelui cotit;
- f) supapa de reducere a presiunii este deschisa (intepenita).



Fig. 2.21. Indicator presiune ulei Rotax 912

La pornire, indicatorul de presiune al uleiului ar trebui sa indice o crestere a presiunii uleiului in max.30 secunde.

Temperatura ridicata a uleiului

Daca o cantitate mica de ulei circula prin motor acest lucru va fi indicat de o temperatura ridicata a uleiului, adica cresterea temperaturii uleiului poate indica o descrestere a cantitatii uleiului. Operarea prelungita cu temperaturi excesive a chiulaselor cilindrilor va genera de asemenea un indiciu de temperatura crescuta a uleiului. Aceasta este cel mai probabil sa se intampla in situatii de folosire a unor regimuri de putere ridicata si viteza scazuta aerului, indeosebi la temperaturi ridicate ale aerului inconjurator.

Aparatul indicator al presiunii uleiului – defect

Cateodata indicatorul de presiune al uleiului sau senzorii se defecteaza si ofera indicatii gresite. O indicare de presiune scazuta a uleiului poate fi interpretata gresit, atunci cand se observa ca temperatura uleiului ramane normala pe o perioada de timp. Fiti atenti la ambele indicatoare (presiune/temperatura), aterizati cat mai curand posibil si cercetati defectul.

Presiune ridicata a uleiului

O supapa de reducere a presiunii in sistemul de ungere ar trebui sa ne asigure ca presiunea uleiului nu ajunge la un nivel inacceptabil de ridicat. O presiune ridicata a uleiului poate face ca o parte a sistemului sa cedeze, facand ca intregul sistem sa fie inoperabil, prin spargerea radiatorului de ulei sau a unei conducte.

Presiune scazuta sau fluctuanta a uleiului

Acolo unde apare un indiciu de scadere a presiunii uleiului sau aceasta devine fluctuanta si daca este asociata cu o crestere a temperaturii uleiului in timpul zborului – zburati in siguranta si aterizati cat mai repede posibil, deoarece poate indica o problema serioasa in sistemul de ungere. Fara ulei, motorul cedeaza, rezultand o pierdere imediata de putere.

Pierderea treptata a uleiului

Daca un motor pierde ulei treptat, atunci temperatura uleiului va creste treptat deoarece o cantitate mai mica de ulei trebuie sa asigure racirea si ungerea motorului. In aceasta situatie presiunea, intr-o faza incipienta, va ramane aceeasi; temperatura uleiului va creste, pana cand cantitatea de ulei atinge un nivel scazut critic, iar atunci presiunea va scadea brusc, cauzand probleme grave motorului.

2.4. Sistemul de aprindere al motorului

2.4.1. Starterul (demarorul)

Majoritatea avioanelor moderne de antrenament au un starter electric alimentat de baterie și activat prin rasucirea cheii de aprindere (pornire) din cabina în poziția START.

Pornirea (antrenarea) motorului cauzează un consum foarte mare de curent de către starter și acest fapt impune folosirea unui cablaj de putere (heavy duty). Dacă comutatorul (cheia) de pornire din cabina ar fi conectată direct în circuitul starterului, să ar fi imposibil folosirea aceluiși tip de cablaj în cabina pentru alimentarea cheii în poziția START. Aceasta presupune mai multe dezavantaje inclusiv acele privind greutatea suplimentară a acestui tip de cablaj, o pierdere semnificativă de energie electrică pe lungimea aditională și curenti mari electrici în vecinătatea cabinei (ceea ce ar introduce un risc suplimentar de incendiu). Pentru a evita aceste dezavantaje, circuitul starterului este comandat din cabina folosind un comutator activat de un solenoid (bobina).

Prin punerea cheii de pornire pe poziția START se produce un curent de intensitate scăzuta care excita bobina (un electromagnet cu miez mobil). Aceasta actionează un comutator de putere care închide circuitul de putere dintre baterie și starter, astfel căurentul de valoare mare din circuit actionează starterul care învârt motorul.

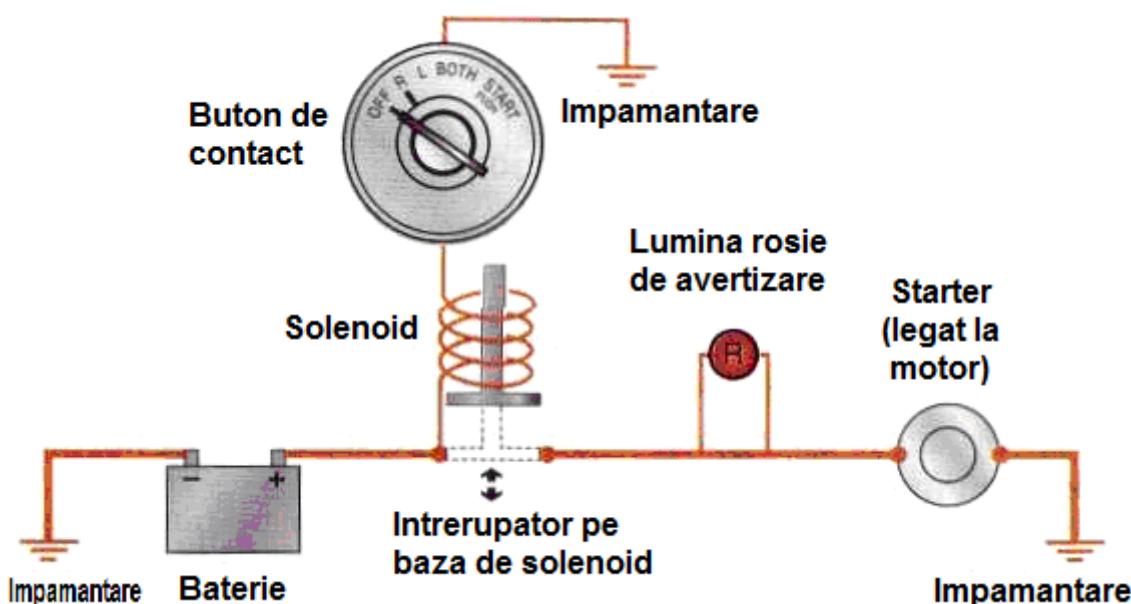


Fig. 2.22. Sistem de pornire

In general starterul are o lampa (bec) de semnalizare în cabina care semnalizează cand acesta este excitat (în sarcina). La o funcționare normală, becul se stinge imediat ce cheia revine din poziția START. Dacă refulul starterului se blochează astfel încât starterul e alimentat și după revenirea cheii din poziția START, becul ramane aprins. În acest caz, motorul trebuie oprit imediat pentru a evita avariile ce pot să apară în sistem.

**Atentionare:**

La pornirea motorului rece, presiunea la ulei trebuie sa creasca la valoarea normala in exploatare in max. 30 sec. pentru a asigura ungerea motorului (mai repede daca motorul e cald). In caz contrar, opriti motorul imediat pentru a evita avarierea motorului.

Pentru pornire e necesara doar o bujie pe fiecare cilindru astfel incat magnetoul stang este prevazut cu un dispozitiv numit cuplaj de impuls. Cand cheia de pornire este pe pozitia START, magnetoul drept este nealimentat si doar magnetoul stang produce o inalta tensiune care alimenteaza bujiile din circuitul sau. Dupa pornire, cheia revenind pe pozitia 1+2, se activeaza si sistemul magnetoului drept.

La avioanele mai vechi, care au comutatorul starterului separat de cheia magnetourilor, se cupleaza doar magnetoul stang pentru pornire. Dupa pornire se comuta cheia magnetourilor pe pozitia 1+2.

Există două limitări de proiectare a magnetourilor care limitează semnificativ pornirea motorului:

- a) cand se antrenează motorul pentru pornire (fie cu mana fie cu starterul alimentat de baterie), acesta se roteste incet – aprox 120 rot/min comparativ cu turatia de relanti de 800 rot/min. Deoarece magnetourile se rotesc la jumătate din viteza arborelui cotit (pentru a produce o scanteie la fiecare două rotații ale arborelui), rotația magnetourilor este de cca 60 rot/min sau chiar mai puțin. Pentru a genera un curent suficient de puternic care să producă scanteia ce aprinde amestecul este necesara o turatie a magnetourilor de aprox. 100-120 rot/min, deci este necesara introducerea unui dispozitiv suplimentar care să rezolve aceasta problema.
- b) cand motorul funcționează (800-2400 rot/min este plaja uzuala de valori în operare), scanteia apare la un unghi precis înainte ca pistonul să ajungă în PMS (și începerea timpului de ardere). Acest reglaj este cunoscut ca fiind avansul bujiei. La pornire, turatia fiind foarte mică, e necesara o întârziere a producerii scanteii pana cand pistonul ajunge sau chiar depaseste PMS, in caz contrar aprinderea amestecului poate impinge pistonul prematur producand rotirea arborelui in sens contrar.

Pentru a depasi aceste două limitări au fost dezvoltate dispozitive care să fie incorporate în ansamblul magnetoului, cel mai des folosit în cazul motoarelor de aviație mici fiind cuplajul de impuls. La alte motoare se folosește un alt dispozitiv numit vibrator inductiv sau buzzer.

2.4.2. Cuplajul de impuls

Cuplajul de impuls are două funcțiuni:

- a) să accelereze mișcarea de rotație a magnetului pentru a ridica parametrii curentului care generează scanteia la bujii;
- b) să întârzie efectiv momentul aprinderii la turatii mici ale arborelui pana imediat dupa ce pistonul depaseste PMS, iar dupa pornire, să permită revenirea la reglajul initial al aprinderii (putin înainte de PMS).

Pentru a putea accelera rotația magnetului, cuplajul de impuls opreste initial magnetul, desi motorul se roteste, astfel incat energia obtinuta din rotația initiala este stocata prin tensionarea unui arc. Cand se atinge un nivel prestabil de energie inmagazinata, cuplajul elibereaza magnetul care este accelerat de arc. Astfel se

genereaza un curent suficient pentru a produce scanteia care sustine initial aprinderea. În același mod se întârzie suficient momentul de aprindere pentru ca arderea amestecului să actioneze asupra arborelui în sensul corect.

Odată ce motorul este pornit și funcționează la turatia de lucru, magnetul se decuplează de arc, care devine inutil. Scanteia se produce normal – prin antrenarea directă a magnetului de către motor, iar temporizarea aprinderii revine la valoarea prestabilită de lucru (scanteia se produce puțin înainte de PMS).

De notat că, întrucât cuplajul de impuls nu depinde de nici o sursă de putere electrică, motorul poate fi pornit manual (prin antrenarea elicei cu mana).

Utilizarea comutatorului aprinderii (cheia magnetourilor)

Există două sisteme separate de aprindere din motive de securitate (în eventualitatea cedării unui sistem), ca și pentru a mari eficiența arderii (o ardere ca mai completa a amestecului prin folosirea simultană a două bujii ca surse de initiere a arderii). Modelele mai vechi de avioane aveau comutator separat pentru fiecare magnetou, în timp ce modelele mai noi au un comutator rotativ actionat de cheia de aprindere. Cu acesta se poate selecta magnetoul stang – L(left), drept – R(right) sau ambele - BOTH. Pentru funcționarea normală a motorului se selectează BOTH.

Motorul funcționează și pe un singur magnetou dar nu la fel de rotund și cu usoara scadere a turatiei. Cu o singura bujie în funcțiune, în loc de două, va fi generat un singur front de flacără (linie de ardere), în loc de două, care se va deplasa prin amestec. Acest fapt va mari timpul de ardere completă a amestecului și deci va micsora eficiența arderii.



Fig. 2.23. Cheie de contact

Dacă se selectează magnetoul 1(L), doar sistemul de aprindere stang va genera scanteie. Magnetoul 2(R) va fi pus la masa astfel ca, curentul se va duce la pamant în loc să producă scanteie. Asadar, trecerea cheii de pe BOTH pe L va conduce la o scadere a turatiei și readucerea cheii în poziția initială va reduce turatia la valoarea normală. Dacă nu se sesizează scaderea turatiei la comutarea cheii, atunci fie celalalt magnetou (R) nu se pune la masa (furnizează în continuare curent la bujii și deci scanteie), fie nu funcționează nici în poziția BOTH.

Inainte de decolare în mod normal se verifică funcționarea ambelor magnetouri ca parte a funcționării motorului, după cum urmează:

- se trece cheia de pe BOTH pe L și se observă dacă se menține valoarea cu care scade turatia motorului, după care se revine pe BOTH. Turatia trebuie să revină la valoarea initială. În același mod se procedează cu magnetoul drept (R).
- se compară cele două valori observate ale scaderii turatiei pe fiecare din cele două sisteme (magnetouri). Aceste valori trebuie să se încadreze în anumite limite prestabilite (conform manualului de zbor al avionului). De exemplu: se fixează turatia la 1600 rot/min, scaderea maximă de turatie 125 rot/min pe fiecare din cele două magnetouri cu o diferență între cele două valori de scadere a turatiei de max. 50 rot/min.

Atentionare:

Fixarea cheii magnetourilor pe OFF pune la masa infasurarile primare ale ambelor magnetouri, astfel nici unul din sisteme nu mai furnizeaza energie electrica. Totusi, in cazul unor defectiuni (ex. cablu rupt sau exfoliat), pozitia OFF poate sa nu puna la masa ambele magnetouri astfel incat, in cazul in care cineva invarte elicea, poate produce neintentionat pornirea motorului - cu consecinte nefericite sau chiar fatale pentru persoana respectiva. Daca se doreste schimbarea pozitiei elicei, aceasta trebuie invartita in sens invers functionarii, astfel evitandu-se pornirea accidentală a motorului.

In cazul unor tipuri de avioane, oprirea motorului nu se face prin punerea cheii magnetourilor pe OFF, ci cu maneta amestecului sau cu etuforul prin oprirea alimentarii cu benzina.

2.5. Carburatorul motorului

Pentru a se realiza o ardere corecta, este necesar ca benzina sa fie amestecata cu oxigenul intr-o proportie precisa. Practic, combustibilul se amesteca cu aer, iar rata optima de amestec este de 12 parti de aer pentru o parte de benzina (in greutate). Dispozitivul care realizeaza acest amestec se numeste carburator.

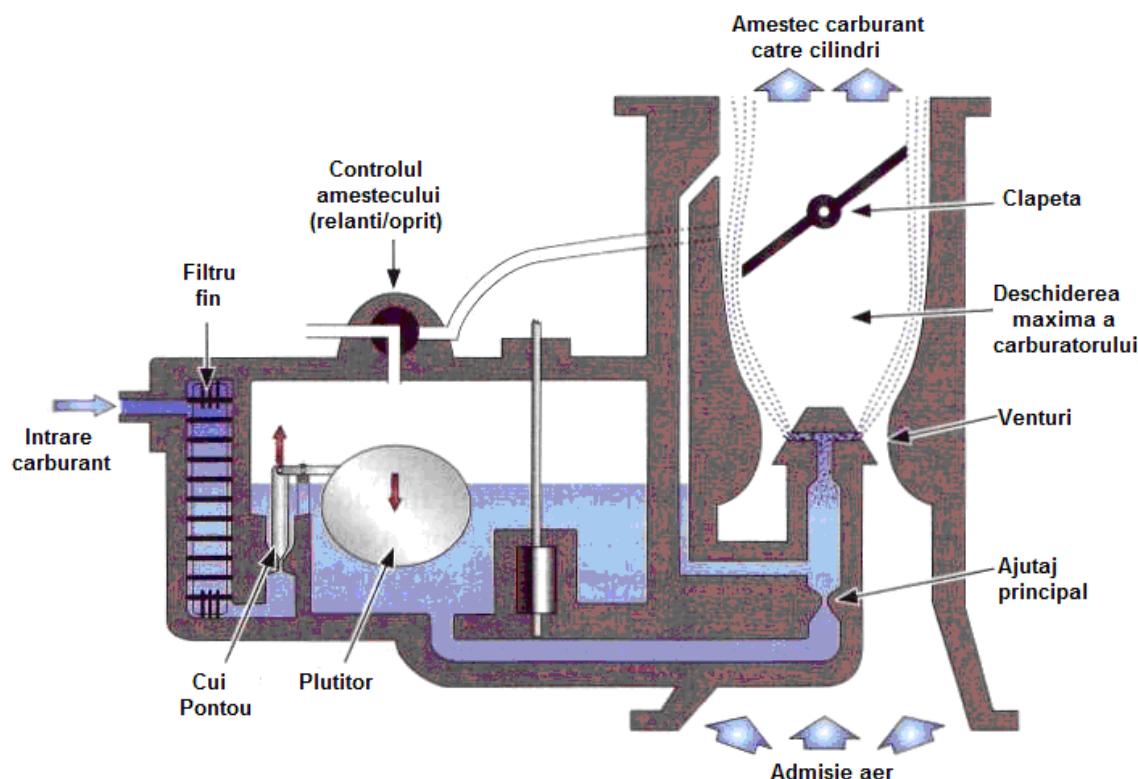


Fig. 2.24. Secțiune printr-un carburator tipic

Combustia in cilindru se poate realiza cand raportul de amestec combustibil/aer este intre 1:8 (amestec bogat) si 1:20 (amestec sarac).

Amestecul corect chimic sau ideal se obtine atunci cand, in urma arderii, toata cantitatea de oxigen si combustibil a fost folosita (consumata) in timpul arderii. Amestecul corect chimic (acm) se mai numeste amestecul stoichiometric.

Daca amestecul e bogat, combustibilul este in exces. Dupa ardere va ramane combustibil nairs. Daca amestecul e sarac, va ramane oxigen nefolosit (in exces).

Un carburator simplu are un tub Venturi care controleaza cantitatea de aer admisa printr-o valva numita clapeta de admisie a carburatorului. Tubul venturi are prevazute niste orificii calibrate prin care se pulverizeaza combustibilul (dozat corespunzator) in curentul de aer pentru realizarea cat mai buna a amestecului dintre cele doua componente (mai exact, combustibilul este tras de depresiunea din tub). Clapeta de admisie este controlata prin miscarea manetei de gaze din cabina.

Este important ca maneta de gaze sa fie actionata lin (fara miscari bruste) pentru a se evita solicitarea fara sens a diferitelor piese in miscare din motor. Viteza de deplasare a manetei de la prag pana in fata complet sau invers trebuie sa dureze aproximativ 5 secunde (depinde de fiecare model in parte).

2.5.1. Carburatorul cu plutitor

Acest tip de carburator are o camera mica ce necesita un nivel constant de combustibil. Daca nivelul este prea jos, cuiul poantou actionat de plutitor se deschide si permite intrarea benzinei in camera de nivel constant. Acest lucru se intampla continuu pe masura ce benzina este trasa din camera plutitorului in tubul venturi.

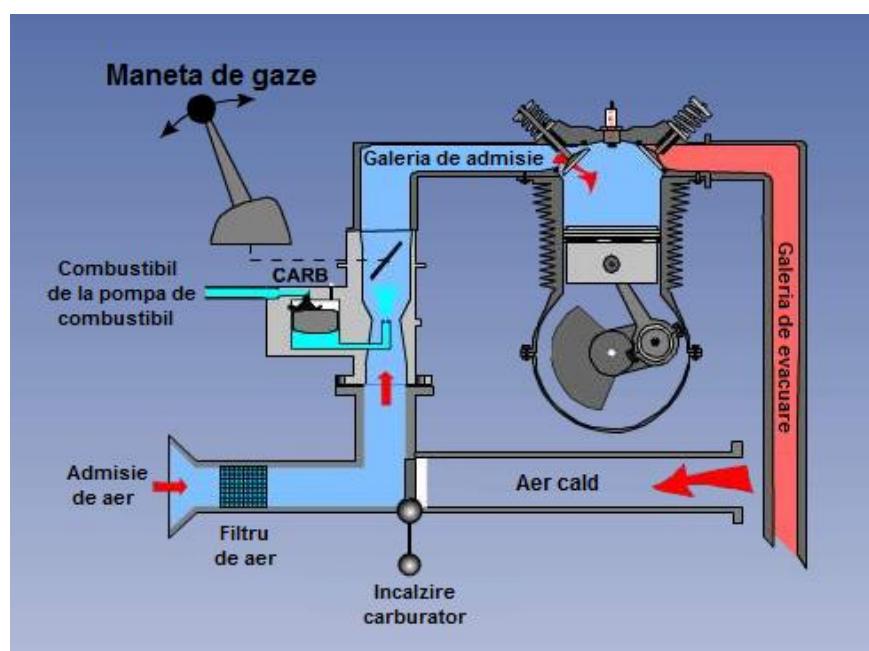


Fig. 2.25. Sistem de carburatie

Presiunea aerului din camera de nivel constant este cea atmosferica. Accelerarea aerului in tubul venturi cauzeaza scaderea presiunii statice (principiul Bernoulli: cresterea vitezei presupune scaderea presiunii statice). Presiunea mai ridicata (atmosferica) din camera de nivel constant injecteaza combustibilul prin duzele tubului in curentul de aer. Cu cat viteza aerului e mai mare, cu atat diferența de presiune creste si implicit cantitatea de combustibil evacuata in tub.

Pe masura ce nivelul benzinei din camera scade, plutitorul coboara si actioneaza asupra cuiului poantou care deschide admisia benzinei in carburator astfel mentinindu-se constant nivelul in camera.

Multe carburatoare au prevazut un difuzor in care se pre-amesteca aerul si benzina si care are rolul de a evita un consum in exces de benzina pe masura ce turatia motorului creste. Difuzorul ajuta deosebit de mult benzina sa se evapore la turatii mici ale motorului.

2.5.2. Pompa de repriza

Cand se duce maneta de gaze complet in fata (putere max), clapeta de aer se deschide la maximum si permite admisia libera a aerului in tubul venturi. Asadar, in acest caz cantitatea de aer admisa creste semnificativ si atinge valoarea maxima.

Daca maneta de gaze este deschisa rapid, cantitatea de aer creste initial cu o rata mai mare decat cea a benzinei, fapt ce are ca efect un amestec insuficient de bogat. Acest fapt cauzeaza o diminuare de putere a motorului. Pentru a inlatura acest fenomen, carburatorul este echipat cu pompa de repriza. Cu alte cuvinte, pompa de repriza previne scaderea ratei de crestere a puterii la actionarea rapida a manetei de gaze.

Pompa de repriza consta intr-un mic pistonas dupa camera de nivel constant, care, conectat la maneta de gaze, in cazul actionarii rapide a acesteia, injecteaza suplimentar combustibil in difuzor (tub venturi).

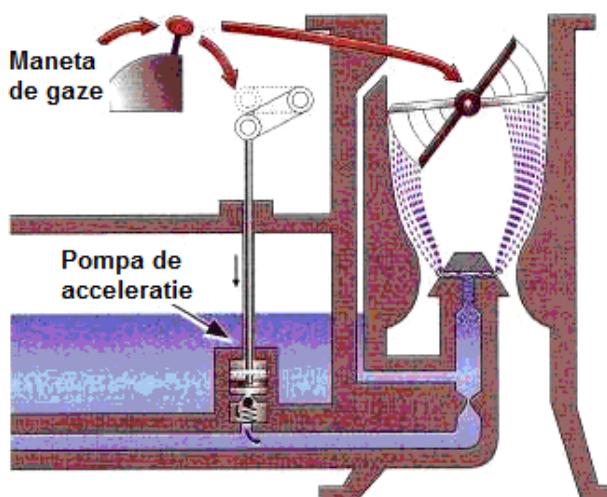


Fig. 2.26. Pompa de repriza

2.5.3. Sistemul de ralanti

Cand motorul este la ralanti, cu clapeta aproape inchisa, diferența de presiune dintre tubul venturi și camera de nivel constant nu este suficientă de mare pentru a obține suctionsa combustibilului în cantitate suficientă.

Pentru a rezolva aceasta problema, există o canalizare mică de ralanti, care are orificiu de intrare lângă clapeta de admisie, unde se produce un mic efect venturi cand clapeta de admisie este aproape inchisa. Prin aceasta canalizare se furnizează suficient combustibil care, în amestec cu aerul, permite funcționarea motorului la ralanti (la turatii mici).

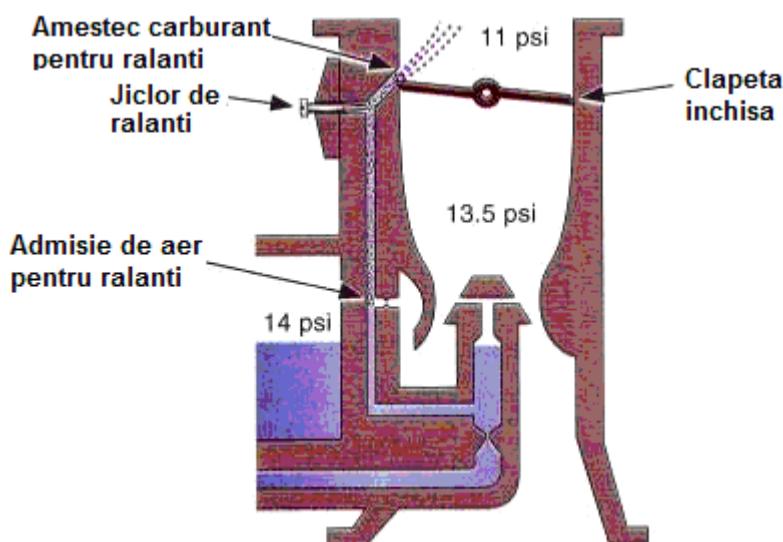


Fig. 2.27. Sistem de ralanti



2.5.4. Controlul amestecului

Carburatorul este proiectat sa functioneze in conditiile atmosferei standard la nivelul mediu al marii (ISA MSL = QNH 1013 mb, +15°C).

Marimea jicloarelor care determina cantitatea de combustibil in amestec este proiectata pentru aceste conditii ISA MSL. Avionul, in mod real, opereaza in majoritatea timpului in conditii care difera substantial de cele standard, diferente care impun modificarea debitului de combustibil pentru mentinerea amestecului in limitele prescrise.

La o anume pozitie a manetei de gaze (si deci a turatiei), carburatorul va procesa acelasi volum de aer in unitatea de timp, indiferent de densitatea aerului.

La altitudini si/sau temperaturi mai mari, densitatea aerului scade, adica sunt mai putine molecule de aer pe unitatea de volum. Asadar, volumul de aer care trece prin carburator va contine mai putine molecule si va cantari mai putin. In aceleasi conditii, densitatea combustibilului nu se modifica, adica, acelasi volum si greutate de benzina vor fi pulverizate in venturi.

Acelasi numar de molecule de benzina la un numar diminuat de molecule de aer inseamna ca amestecul devine prea bogat, avand ca efect functionarea neregulata a motorului si un consum crescut de benzina.

Pentru a mentine amestecul corect (adica proportia corecta intre aer si benzina), pilotul trebuie sa micsoreze cantitatea de benzina care intra in venturi si se amesteca cu aerul, a carui densitate a scazut cu cresterea altitudinii. Acest procedeu se numeste saracirea amestecului si se realizeaza prin comanda corectorului altimetric – o maneta rosie de obicei pozitionata langa maneta de gaze. Comanda corectorului actioneaza un mic opritor care restrictioneaza curgerea benzinei (diminueaza debitul), astfel refacandu-se proportia amestecului.

In conditii normale, pe majoritatea aeroporturilor din Romania se decoleaza cu comanda amestecului pe bogat (acestea fiind sub 800m).

Folosirea controlului amestecului in urcare

Uzual, comanda amestecului este pastrata in timpul urcarii pe bogat daca nu se depaseste altitudinea de 5000ft, unde puterea in regim de croaziera va fi sub 75% din puterea maxima la regim continuu in conditii standard. Excesul de benzina din amestec este folosit ca agent de racire pentru peretii cilindrilor si capetele pistoanelor si contribuie la evitarea detonatiilor. Unele motoare mai sofisticate necesita saracirea amestecului pe toata perioada urcarii.

Pe masura ce avionul urca, amestecul devine din ce in ce mai bogat cauzand o scadere a puterii, care se manifesta printr-o functionare neregulata insotita de scaderea usoara a turatiei la elicile cu pas fix si scaderea presiunii la admisie (boost-ului) la cele cu pas comandat.

Folosirea controlului amestecului la altitudinea de croaziera

La altitudinea de croaziera si cu regimul de croaziera trebuie avut in vedere saracirea amestecului pentru a corecta raportul aer/combustibil, care va conduce la o ardere in cilindri mai eficienta, functionarea mai buna a motorului (mers regulat, parametri crescuti) si o scadere a consumului. La unele motoare, corectarea amestecului cu altitudinea poate conduce la o scadere a consumului cu peste 25% comparativ cu folosirea manetei de amestec pe bogat, ceea ce inseamna cresterea razei de actiune si a andurantei.

Maneta de amestec trebuie sa fie usor catre bogat in zona amestecului chimic corect, unde puterea de croaziera dezvoltata este sub 75% - croaziera normala pentru majoritatea avioanelor este de cca. 55-65% cand se recomanda saracirea amestecului.

Nota: Peste 5000ft altitudine, un motor nesupraalimentat nu poate dezvolta mai mult de 75% din puterea pe care o are la regimul maxim continuu, chiar daca maneta de gaze in plin.

La regimuri de putere mare (peste 75%), imbogatirea amestecului este necesara pentru a folosi excesul de combustibil ca agent de racire. Manualul de zbor al avionului contine informatii despre cum se regleaza amestecul pentru a se obtine cea mai buna putere, precum si cea mai buna economie de combustibil.

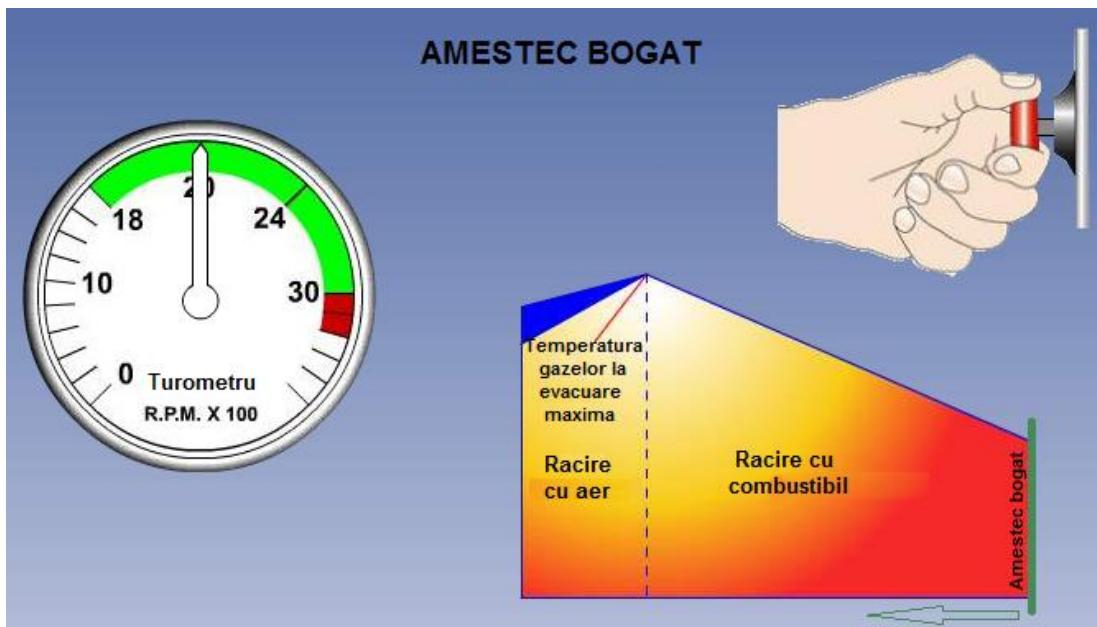


Fig. 2.28. Amestec bogat

Pentru saracirea amestecului, actionati incet comanda amestecului catre sarac. La restabilirea raportului chimic corect de amestec turatia (presiunea la admisie) va creste.

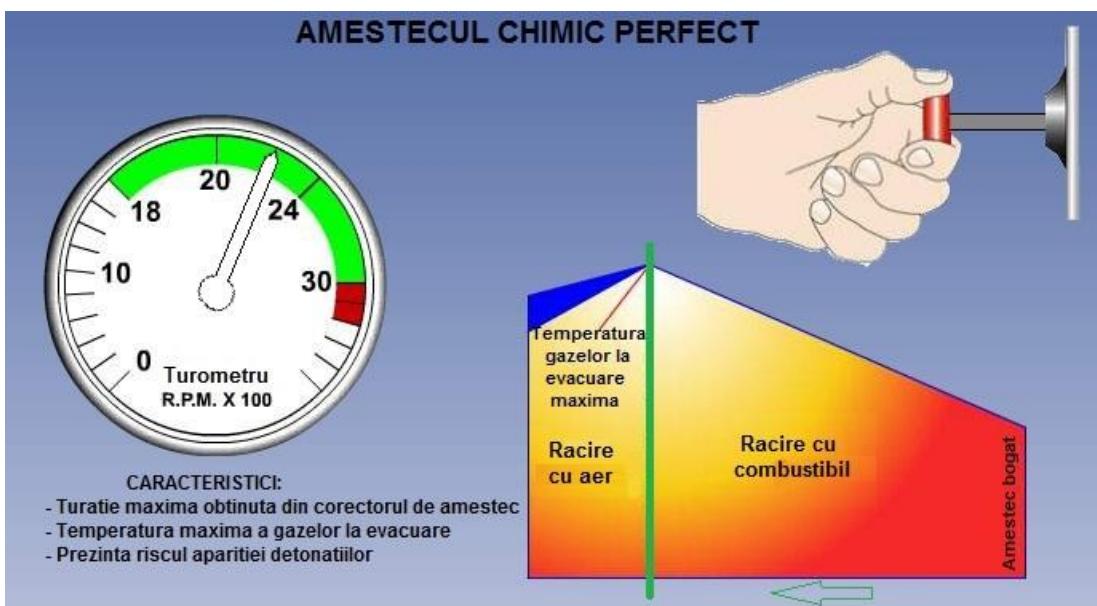


Fig. 2.29. Amestecul chimic perfect

Eventual, daca se va saraci in continuare, turatia va scadea iar motorul va incepe sa functioneze usor neregulat.

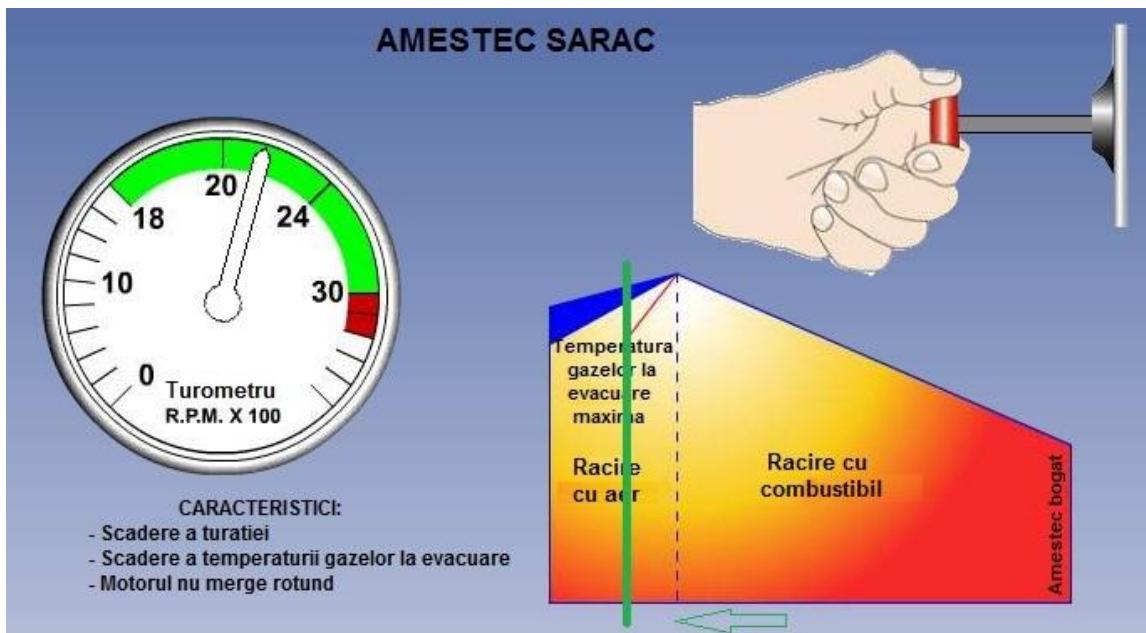


Fig. 2.30. Amestec sarac

Maneta de amestec se impinge usor inainte pentru restabilirea celei mai bune turatii, catre pozitia bogat pentru a ne asigura ca motorul functioneaza in zona imbogatita a amestecului chimic corect.

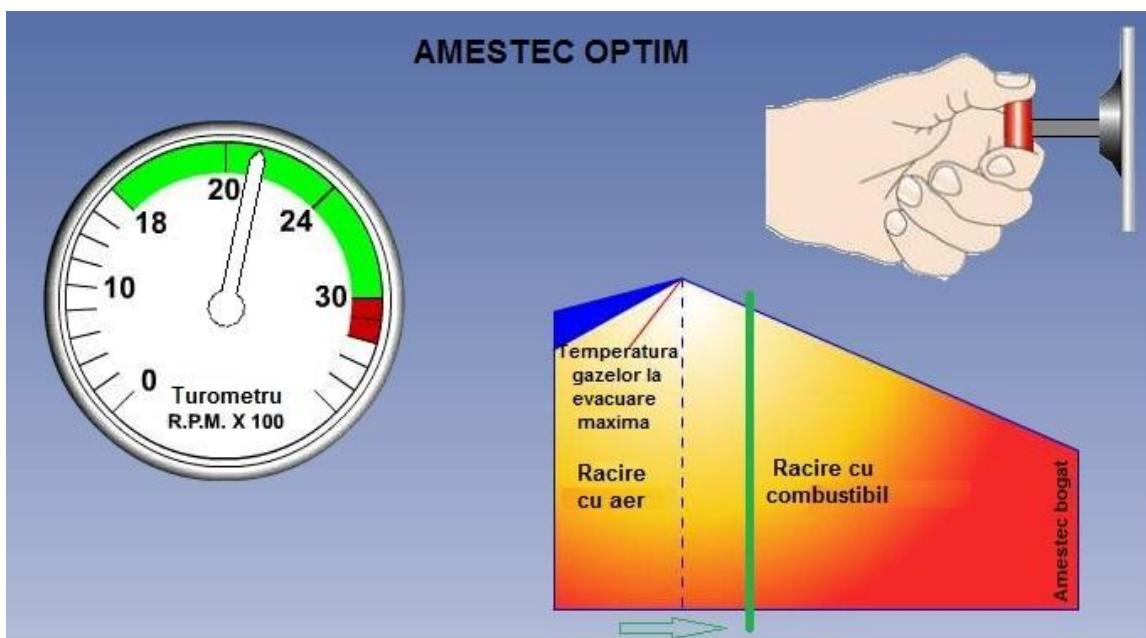


Fig. 2.31. Amestecul optim

Procedura trebuie repetata daca altitudinea sau regimul motorului se modifica semnificativ.

Folosirea controlului amestecului in urcare si decolare

La decolare (si aterizare cand folosirea regimului de putere maxima este anticipata in eventualitatea unei ratari), maneta de amestec trebuie sa fie pe bogat. In aceasta pozitie se previn detonatiile, autoaprinderea si supraincalzirea cilindrilor. Aceste fenomene sunt mai probabile in cazul regimurilor de puteri mari decat la croaziera (55-65% din max.) cand se recomanda sararea amestecului.



2.5.5. Amestecuri bogate și sarace

Un amestec supraimbogatit va cauza o pierdere de putere, consum marit de combustibil, ancrasarea bujiilor și formarea de calamina pe capetele pistoanelor și supape. Cantitatea suplimentară de combustibil din amestecul bogat va cauza racirea cilindrilor prin evaporarea sa – aceasta va absorbi o parte din caldura produsa în camera de ardere. Amestecul sarac va contribui asadar la creșterea temperaturii cilindrilor.

Un amestec excesiv de sarac va cauza creșterea excesiva a temperaturii cilindrilor și apariția detonatiilor. Detonatiile severe pot avaria foarte rapid motorul. Pilotul se confrunta în acest caz cu scaderea puterii și foarte probabil curând cu pierderea motorului. După corectarea amestecului asigurăți-vă că temperaturile uleiului și la chiulasa sunt în limite normale. E posibil ca stabilizarea acestor temperaturi să dureze câteva minute.

Zborul la altitudini mari

Zborul la altitudini mari unde densitatea aerului este mică poate impune saracirea amestecului înainte de decolare. Aerodromurile cu elevație mare sau cele situate la nivelul marii dar cu temperaturi apropiate de 40°C necesită atenție la selectarea amestecului înainte de decolare.

Exemplu:

Un aerodrom are cota de 3000 ft, QNH 1013mb și temperatura aerului este 34°C. În acest caz altitudinea densimetrică la decolare/aterizare este de 5807 ft, motorul, elicea și avionul în general (portanta generată) se va comporta similar ca atunci cind zborul este efectuat la o altitudine de 5807ft în ISA.

2.5.6. Combustia anormală

Detonatia

Arderea corect-progresiva a amestecului se produce pe măsură ce frontul de flăcăra avansează (se deplasează) în camera de combustie. Acest fapt produce o creștere a presiunii care deplasează linia pistonului spre PMI în timpul de ardere.

Când gazul este comprimat, se produce o creștere a temperaturii acestuia (se poate simți acest fenomen când se umflă o roată de bicicletă cu pompa de mana). Dacă creșterea presiunii și a temperaturii este prea mare pentru amestecul din cilindru, atunci arderea nu va fi progresivă ci explozivă – combustie spontană.

Aceasta creștere explozivă de presiune se numește detonatie și poate cauza avariile majore pistonului, supapelor și bujiilor, o scadere a puterii și foarte probabil oprirea completă a motorului.

Folosirea unui combustibil cu cifra octanică sub cea recomandată, a unui combustibil expirat în timp, a unei presiuni la admisie prea mari sau a încalzirii exagerate a motorului poate produce detonatii.

Motoarele de aviație sunt proiectate să funcționeze cu reglajul amestecului usor în zona de bogat (putin imbogatit), surplusul de benzina funcționând ca agent de racire pentru a preveni supraîncalzirea amestecului și pentru a raci peretii cilindrului prin evaporare.

Dacă se suspectează detonatii (prin mers neregulat și temperaturi mari ale cilindrilor), atunci:

- imbogătiți amestecul
- reduceti presiunea în cilindri (maneta de gaze redusă usor)
- creșteți viteza pentru a ajuta la reducerea temperaturii chiulasei

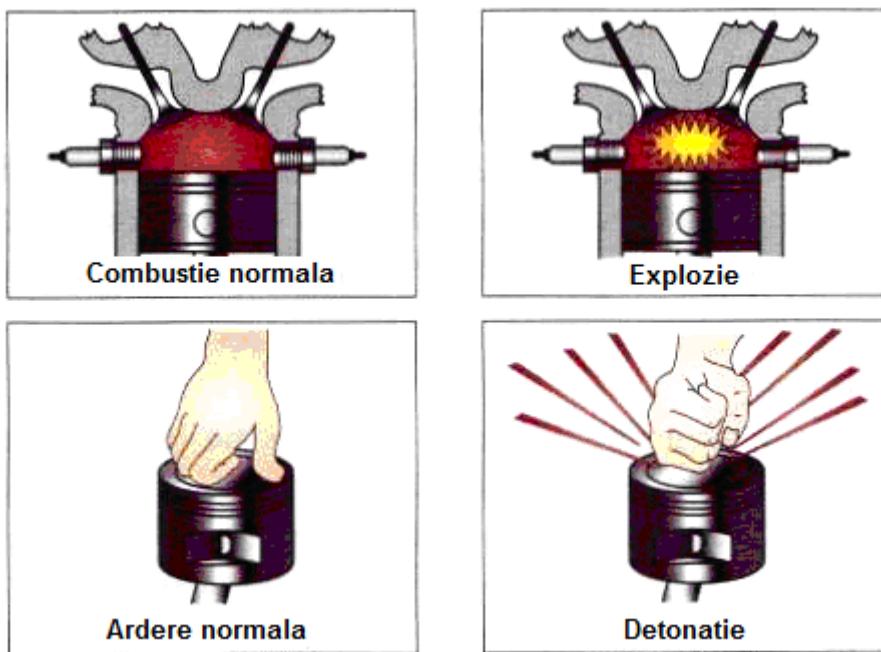


Fig. 2.32. Comparatie intre combustia normala si detonatie

Autoaprinderea

Autoaprinderea este o ardere progresiva a amestecului dar momentul inceperii sale este inainte de aparitia scanteii. Aceasta pre-aprindere poate fi cauzata de un punct (o zona) supraîncalzit în cilindru (ex. depunere de calamina) care, datorită temperaturii sale, initiază arderea. Rezultatul este funcționarea neregulată a motorului și o creștere brusă a temperaturii chiulasei.

Autoaprinderea poate să apara datorită prezentei calamini în motor sau folosirii regimurilor mari de motor, în condițiile unui amestec sărac (fără benzina în exces pentru racire). Poate să apara doar într-un cilindru care are un "punct fierbinte" (calamina), în timp ce detonarea apare în mod normal în toți cilindrile.

Autoaprinderea este un fenomen care apare în funcționarea în condiții particulare în cazul unui cilindru – detonarea este data de starea amestecului care este furnizat tuturor cilindrilor. Ambele fenomene pot fi evitate prin folosirea unui combustibil corect și observarea limitarilor operaționale ale motorului. Aceste informații sunt furnizate de manualul de zbor al avionului.

2.5.7. Givrarea carburatorului

Deranjamentul functional, apărut pe fond meteorologic nefavorabil, având ca efect generarea unui strat de gheata în interiorul carburatorului, strat care impiedică alimentarea cu carburant și care generează, în cele din urmă, oprirea motorului. Fenomenul este favorizat de faptul că, la motoarele prevăzute cu carburator, amestecul aer-benzina se formează într-o zonă de depresiune (difuzor) și, în condiții de umiditate atmosferică ridicată (peste 60%) și temperaturi relativ scazute ale carburantului, are loc înghețarea vaporilor de apă prezenti în aerul de admisie. Se folosește, de regulă, în sintagma givrajul carburatorului; sinonim cu givrare, jivrare sau jivraj.

Expansiunea aerului în timpul accelerării sale prin tubul venturi (difuzor) are ca efect scăderea temperaturii acestuia. Chiar și aerul mai暖和 poate scădea sub zero și, dacă acesta este umed, se poate forma gheata. Acest fenomen poate degradă serios funcționarea motorului conducând chiar la oprirea lui.

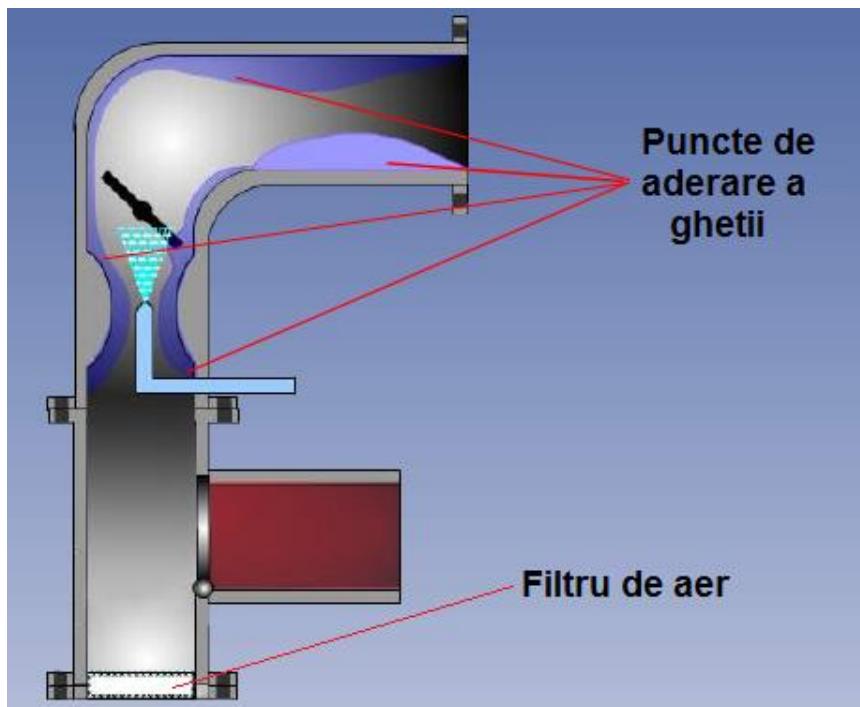


Fig. 2.33. Givrajul carburatorului

Gheata de impact

Gheata de impact apare cand picaturi de apa supraracita (cu temperatura sub punctul de inghet) se ciocnesc de peretii metalici ai galeriei de admisie in carburator, transformandu-se instantaneu in gheata (acest fenomen poate sa apara atat la sistemele de amestec cu carburator cat si la cele folosind injectia).

Gheata de impact poate sa apara cand temperatura exteroara este putin peste sau sub zero si avionul zboara in nori, ploaie sau aer cetos dens – umezeala vizibila – si particulele de apa sunt in jurul temperaturii de 0°C, sau daca suprafetele canalizatiei de admisie au ele insele acest regim termic (avionul coboara de la inaltime mare – temperatura joasa – la inaltime mica unde aerul are temperatura mai mare dar este umed).

Gheata de depunere (datorita vaporizarii benzinei)

Acest tip de gheata se formeaza in zona in care jetul de benzina este pulverizat in curentul de aer, in difuzorul carburatorului, unde benzina se vaporizeaza cauzand o reducere substantiala a temperaturii sale datorita caldurii latente absorbita in timpul vaporizarii.

Daca temperatura amestecului scade in intervalul 0°C si -8°C, apa va precipita in aer (daca acesta este umed) si va inghetata pe orice suprafata pe care o intalni (peretii difuzorului si clapeta de admisie). Acest fapt va produce o diminuare serioasa a debitului de aer la admisie si implicit va influenta negativ puterea dezvoltata de motor (in sensul scaderii acesteia).

Gheata de depunere poate sa apara chiar in conditiile in care temperatura ambientului este mult deasupra punctului de inghet (+20°÷+30°C) cand umiditatea relativa a aerului este peste 50%.

In unele texte de referinta, gheata de depunere mai este numita gheata de refrigerare (refrigeration icing), deoarece este cauzata de vaporizarea unui lichid – acelasi proces care este utilizat la majoritatea frigiderezilor.



Depunerea de gheata pe clapeta de admisie

Datorita accelerarii amestecului la trecerea pe langa clapeta de admisie, se produce o scadere a presiunii statice si, in consecinta, o scadere a temperaturii acestuia. Acest proces poate cauza depuneri de gheata pe clapeta de admisie. Accelerarea si implicit scaderea temperaturii au valori maxime la deschideri mici ale clapetei, deoarece aceasta restrictioneaza debitul de aer pentru obtinerea regimurilor de putere aferente, determinand o scadere substantiala a presiunii.

Prin urmare, este foarte probabila aparitia ghetii la carburator la regimuri reduse ale manetei de gaze, de exemplu la coborare cand se foloseste un regim redus de putere.

Nota: Nu este necesar ca umiditatea aerului sa fie vizibila pentru ca aparitia acestui tip de gheata sa fie posibila.

Aparitia ghetii la carburator

Ambele tipuri de gheata descrise anterior pot sa apara cand temperatura exteroara a aerului este mare. Datorita expansiunii (scaderii presiunii statice) apare scaderea temperaturii pana la limita de inghet – si faptul ca suntem la latitudini mici si sunt +25°C nu inseamna ca nu este posibila aparitia ghetii la carburator. Daca umiditatea este mare, acesta se poate forma usor.

Toate aceste tipuri de gheata au un efect major asupra functionarii motorului. Sunt alterate marimea si forma pasajelor (canalizatiilor) carburatorului, curgerea aerului este perturbata, raportul de amestec este afectat, conducand la o functionare defectuoasa, scaderea puterii si chiar oprirea motorului daca nu se iau masuri corective prompte.

Simptomele tipice ale aparitiei ghetii la carburator sunt:

- scaderea puterii (scaderea turatiei la motoarele cu elice cu pas fix si scaderea presiunii la admisie la cele cu pas variabil la elice), avand ca efect scaderea performantelor – scaderea vitezei sau o rata mai mica de urcare.
- functionarea defectuoasa.

2.5.8. Incalzirea carburatorului

Majoritatea avioanelor moderne au un sistem de incalzire a carburatorului pentru evitarea aparitiei ghetii. Aceasta presupune in mod uzual trecerea aerului la admisie peste galeria de evacuare a motorului. Cand se incalzeste, densitatea sa scade si deci efectul initial imediat al incalzirii aerului este scaderea puterii motorului (manifestata prin scaderea turatiei sau a boost-ului) – posibil cu pana la 10-20%.

Comanda incalzirii carburatorului este de obicei pozitionata langa maneta de gaze. Prin actionarea ei complet in fata, aerul din admisia in carburator va fi incalzit. Uzual, daca se suspecteaza aparitia ghetii in carburator se cupleaza maneta de incalzire a aerului. La trecerea aerului incalzit prin tubul venturi (difuzor), gheata va fi topita. E posibila aparitia temporara a unei functionari neregulate a motorului pe masura ce gheata formata este topita si aspirata in cilindri, dar aceasta va disparea repede. Curatarea ghetii din carburator va permite functionarea mai buna a motorului si cresterea puterii manifestata prin cresterea turatiei (sau a boost-ului) pe masura ce gheata dispare. Initial, prima reactie va fi de scadere a turatiei (sau a boost-ului) datorita scaderii densitatii cauzate de incalzirea aerului, urmata rapid de cresterea parametrilor susmentionati datorita curatirii ghetii. Ulterior, incalzirea aerului poate fi oprita pentru a se reveni la normal.

Daca gheata se formeaza din nou, operatiunea se repeta. Dupa aceasta se poate pastra maneta de incalzire undeva la jumata din cursa pentru a preveni

formarea in continuare a ghetii. Daca pozitia selectata nu este suficienta, operatiunea se repeta si se pastreaza maneta de incalzire pozitionata mai in fata (spre cald). In anumite conditii atmosferice, este posibila necesitatea pastrarii manetei de incalzire in pozitia maxima.

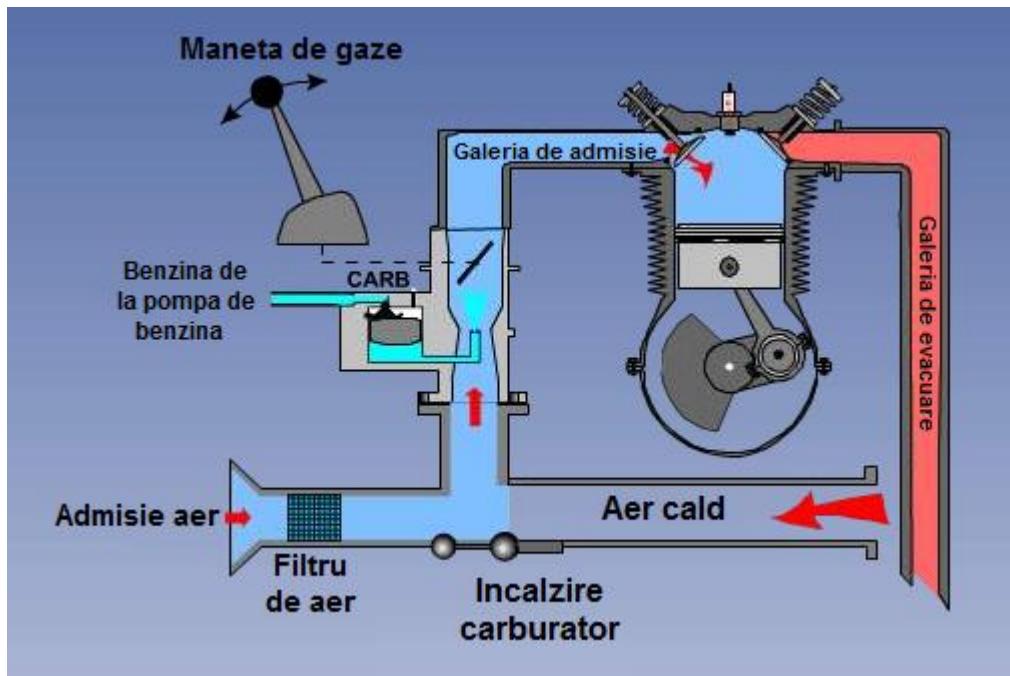


Fig. 2.34. Sistemul de incalzire al carburatorului

Incalzirea carburatorului la coborare si apropiere

La coborarea cu regimul redus al motorului si in apropierea aterizarii, in special in conditii de umiditate crescuta (ex. in zone de coasta) este bine de cuplat incalzirea carburatorului pentru a se asigura ca nu se produce gheata.

Deschiderea mica a clapetei de admisie marestea sansa formarii ghetii (in special in zona acesteia). Apoi, in faza finala a aterizarii, maneta de incalzire se decoupleaza (inchide) pentru eventualitatea unei ratari a aterizarii (cand este nevoie de puterea maxima). Unele avioane au in dotare un termometru al aerului in carburator care poate fi folosit pentru a mentine temperatura acestuia in afara ecartului de inghet.

Incalzirea carburatorului la sol

Este de evitat cuplarea incalzirii aerului la carburator la sol (in afara verificarilor premergatoare decolarii) pentru ca aerul este preluat din zona galeriei de evacuare si nu este filtrat. Acest lucru va evita introducerea de praf sau impuritati in carburator si motor cu efecte nefaste pentru acesta. Din acest motiv, verificarea incalzirii carburatorului inainte de decolare se va face pe o suprafata curata a solului.

Verificarea presupune:

- cuplarea completa a incalzirii carburatorului si observarea timp de 5 secunde a turatiei (boost-ului),
- readucerea manetei de incalzire inapoi in prag si verificarea faptului ca turatia revine la valoarea initiala.

Daca turatia revine la o valoare semnificativ mai mare decat cea de dinaintea cuplarii incalzirii, inseamna ca gheata a fost prezenta si a fost cel putin parcial topita; repetati procedura pana cand toata gheata se topeste avand grija sa nu se formeze din nou inainte de decolare.

2.5.9. Sistemul de injectie a combustibilului

Motoarele mai sofisticate au benzina dozata direct in galeria de admisie si apoi in cilindri fara a se folosi un carburator. Aceasta se numeste injectia de combustibil.

Un sistem venturi este folosit deasemenea pentru a sesiza diferența de presiune. Acesta este cuplat cu unitatea de control al combustibilului (FCU-fuel control unit), de la care combustibilul dozat este canalizat la pompa de injectie (distribuitorul de combustibil). De aici, combustibilul este canalizat separat prin rampele de combustibil catre fiecare cilindru individual unde, prin injectoare, este introdus fie prin capul cilindrului, fie prin zona din fata supapei de admisie.

Controlul amestecului la acest sistem comanda, de asemenea, si oprirea motorului la ralanti.

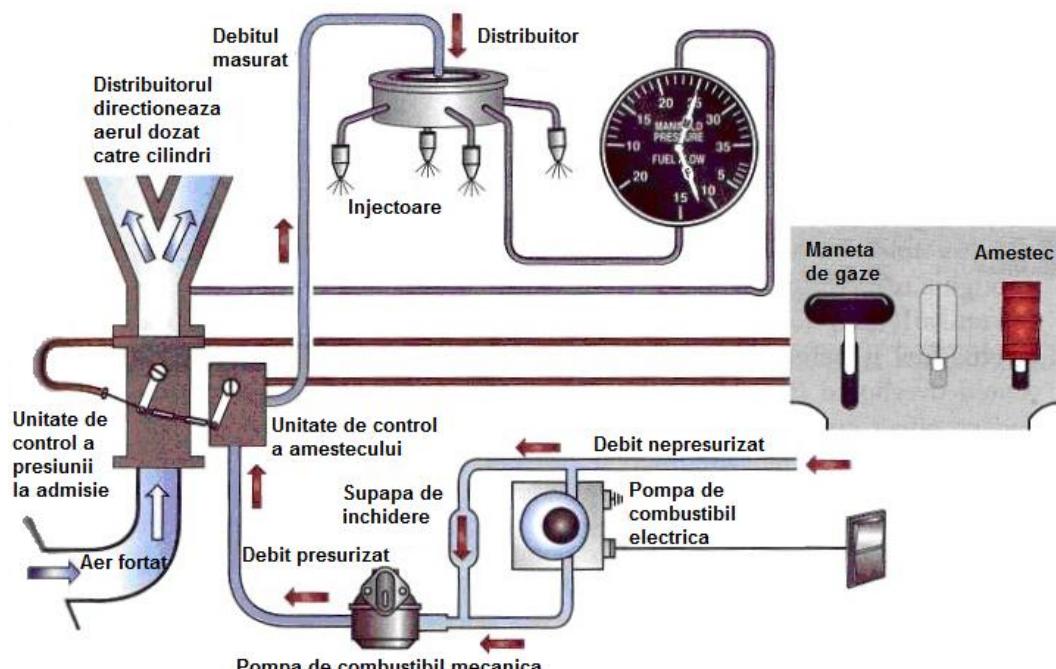


Fig. 2.35. Sistem de injectie de combustibil

Prin sistemul de injectie de combustibil, fiecare cilindru poate fi alimentat cu amestecul corect prin canalizatia separata de alimentare (spre deosebire de sistemul cu carburator unde toti cilindrii erau alimentati cu acelasi amestec).

Avantajele sistemului de injectie cu benzina:

- disparitia fenomenului de gheata de depunere (prin disparitia conditiilor de formare)
- alimentarea mai uniforma cu amestec carburant a cilindrilor
- controlul imbunatatit al raportului de amestec
- simplitatea in exploatare
- accelerarea instantanee a motorului dupa relanti cu disparitia tendintei de oprire la actionarea brusca a manetei (repriza mult mai buna)
- cresterea randamentului motorului.

Dezavantajele sistemului de injectie:

- a) pornirea motorului cu sistem de injectie la cald poate fi dificila datorita aparitiei vaporilor de benzina in rampe. Pompele electrice care creaza presiunea in sistem pot inlatura aceasta problema.
- b) rampele de combustibil fiind foarte subtiri, sistemul este mult mai susceptibil la impuritati (praf, apa).
- c) combustibilul in exces trece printr-o conducta de return care poate fi indreptata catre unul din rezervoare. Daca pilotul nu tine cont de acest aspect, poate fie pierde combustibil prin preaplinul rezervorului respectiv (in cazul umplerii acestuia), fie cel putin o distribuire dezechilibrata (asimetrica) a combustibilului in rezervoare avand ca efect modificarea centrului de greutate si deci a stabilitatii avionului.

2.6. Combustibili de aviatie

Cel mai important este sa va asigurati ca alimentati cu tipul corect de combustibil. Benzina de aviatie (Avgas) este necesara pentru motoarele cu piston si petrolul de aviatie (kerosenul – Avtur) pentru motoarele cu turbine (jeturi). Kerosenul are culoarea puiului si are un miros distinctiv.

Verificati pentru identificare inainte de alimentarea aeronavei marcajele pe culori specifice fiecarui tip de combustibil, de pe sistemele de alimentare cu combustibil pentru a va asigura ca este cel dorit. Sistemele de alimentare Avtur sunt marcate cu negru, iar cele care contin combustibil Avgas, cu rosu.

2.6.1. Tipuri de combustibili

Benzina de aviatie AVGAS

Are caracteristici diferite pentru a satisface cerintele diferitelor tipuri de motoare cu piston - unele cu performante mai ridicate si altele cu performante mai scazute. Aceste diferente de caracteristici ale benzinei Avgas sunt codate pe culori pentru a ajuta la identificarea corecta a combustibilului. Combustibilul normal pentru avioanele usoare este 100LL care este colorata albastru.

Combustibilul trebuie sa aiba calitati anti-detonare (antisoc) care sunt date de valoarea cifrei octanice sau cifrei de performanta. Cu cat cifra octanica (motor/performanta) este mai mare, cu atat este mai mare raportul de comprimare pe care amestecul carburant il poate dezvolta fara sa detoneze. Tetraetilul de plumb este adaugat la combustibilii cu cifra octanica mai mare pentru a le imbunatati calitatile anti-detonare.

Cifra de performanta mai ridicata indica puterea posibila (prin comparatie cu combustibilul de referinta standard) inainte ca un amestec bogat sa detoneze, si cifra mai scazuta indica puterea posibila inainte ca acelasi combustibil fara plumb ar detona. Anumite motoare necesita un combustibil anume – asigurati-vă ca stiti care anume si folositi-l. De asemenea, asigurati-vă ca acelasi combustibil care se afla deja in rezervoare este acelasi cu combustibilul pe care il alimentati.

Daca este folosit combustibil cu cifra octanica mai mica decat cel specificat, sau un combustibil care este expirat, este posibil sa apara detonarea, indeosebi la setari de puteri ridicate, cu o pierdere de putere in consecinta si posibile daune ale motorului.

Daca este folosit combustibil cu o cifra octanica mai mare decat cel specificat, bujiile pot fi deteriorate, si de asemenea supapele de evacuare si zonele de etansare ar putea fi erodate (arse) de combustibilul cu cifra octanica ridicata la evacuarea gazelor.



Benzina auto MOGAS

Mogas este un combustibil produs de serie cu anumite specificari si calitate; fiti precauti la folosirea benzinei auto – Mogas la motoarele de aviatie.

Benzina de aviatie (Avgas) se fabrica avand un control riguros al calitatii. Combustibilul motor obisnuit de la statiile de alimentare nu are un asemenea control al calitatii, nu este livrat in serii, si nu i se verifica puritatea. De asemenea, are caracteristici diferite de ardere fata de Avgas.

La un motor de aviatie, benzina auto genereaza puteri scazute, deteriorarea bujiilor si o foarte mare posibilitate de aparitie a detonatiilor. De asemenea, benzina auto-Mogas este mai volatila (tensiunea de vaporii Reid mare) decat benzina de aviatie Avgas si poate genera dopuri de vaporii in sistemul de alimentare al aeronavei, saracindu-i amestecul (rezultand temperaturi la chiulasa mari) ducand chiar la oprirea motorului la temperaturi ale mediului ambiant ridicate ($>28^{\circ}\text{C}$). Intr-un motor de avion, acest tip de combustibil ar genera o productie scazuta de energie, si posibilitatea serioasa de detonare.

2.6.2. Calitatea combustibilului

Combustibilul care urmeaza sa fie alimentat in aeronava trebuie mai intai verificat de orice contaminare. Cel mai des intalnita impuritate este apa. La rezervoarele de stocare la sol a combustibilului, la cisternele pentru alimentare cat si la aeronavele care au stationat mai mult timp trebuie sa se faca o operatiune de decantare in punctul cel mai de jos al sistemului inainte de a alimenta aeronava.

In mod natural combustibilul contine o cantitate mica de apa si aceasta se poate condensa cu scaderea temperaturii, contaminand sistemul de combustibil si rezultand o pierdere de putere a motorului. O cantitate de apa mai mare, care daca este introdusa intr-un cilindru al motorului, intrerupe procesul de combustie si poate genera oprirea motorului.

Apa poate de asemenea bloca trecerea combustibilului in carburator prin formarea unor dopuri de apa, intrerupand astfel functionarea motorului.

Există procedee de testare a combustibilului care reacționează când apa este prezenta; responsabilul privind calitatea combustibilului le va folosi în mod regulat pentru a garanta puritatea combustibilului în rezervoarele de stocare de la sol.

Condensul si impuritatile

Există de obicei o scadere a temperaturii aerului peste noapte și, în cazul în care cantitatea aerului în rezervoarele de combustibil ale avionului este mare (adică rezervoarele sunt aproape goale), peretii rezervorului de combustibil se vor raci și va exista mult mai mult condens decât dacă rezervoarele ar fi pline cu combustibil. Dacă rezervoarele sunt tinute pline și avionul nu este folosit cîteva zile, și în timpul noptii când sunt asteptate temperaturi scazute, aceasta va duce la micsorarea condensului.

Dezavantajele realimentării cu combustibil de la o zi la alta includ:

- dacă avionul are o restricție de greutate la decolare în ziua următoare, va trebui să se scoată o cantitate de combustibil pentru a reduce greutatea sau pentru a se incadra în limitele de centraj.
- dacă rezervoarele sunt pline și temperatura crește, combustibilul se va dilata și probabil va curge din rezervor prin conductele de supra-plin sau aerisire. Aceasta ar putea fi un risc de foc.

Pot exista și alte impurități pe lângă apă. Rugina, nisipul, praful și micro-organismele pot cauza probleme asemănătoare. Filtrarea sau limpezirea combustibilului ar trebui să indice prezența acestora și trebuie să fie îndepărtate înainte de realimentare.

Fiti deosebit de atenții când realimentati. În totdeauna să verificați combustibilul pentru detectarea apei și impurităților, tipul de combustibil să fie corect, iar buletinul de analiză să se afle în termen de valabilitate. Filtrati combustibilul înainte de alimentare.

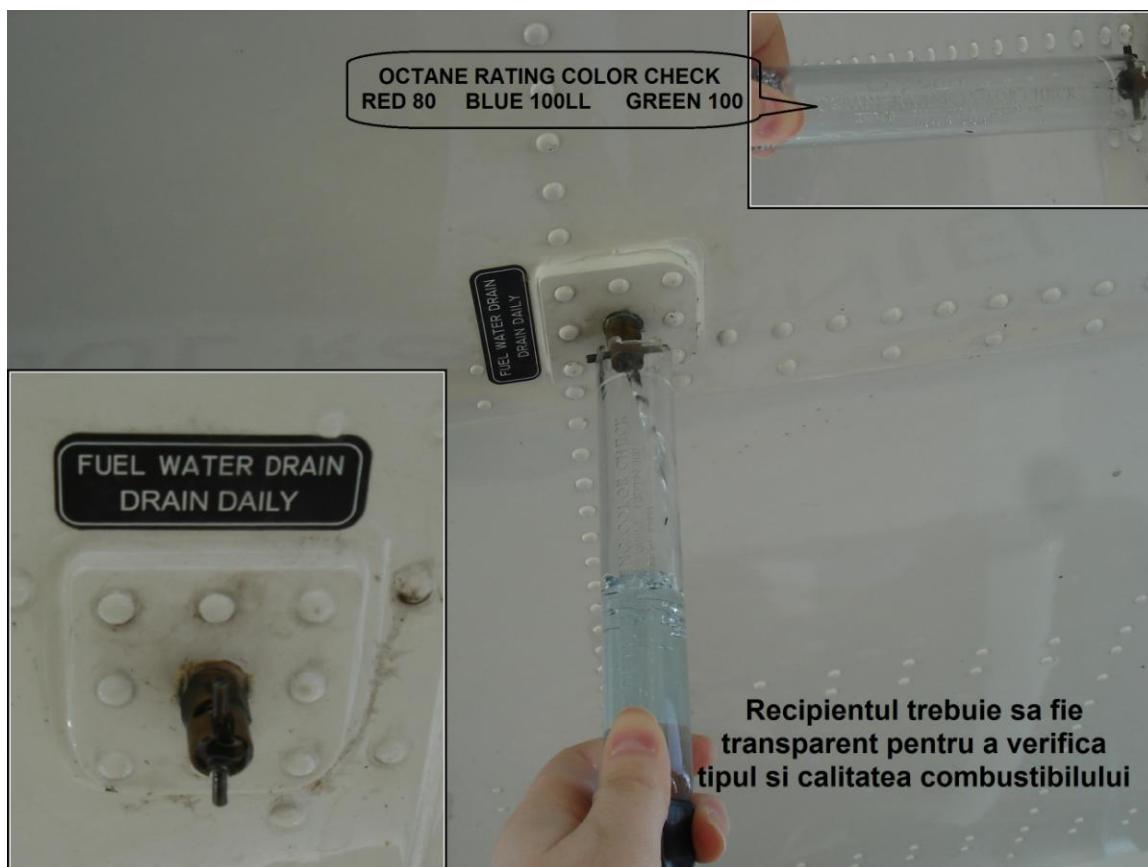


Fig. 2.36. Supapele de drenaj se află în punctul cel mai de jos al rezervoarelor

Apa în rezervoarele de combustibil

Apa, fiind mai densă decât combustibilul, va avea tendința de a se aduna în punctele situate cel mai jos în sistemul de alimentare cu combustibil al aeronavei. Atunci când în rezervoarele avionului există o cantitate mică de combustibil, trebuie decantată regulat de la fiecare rezervor și de la supapa de decantare a combustibilului pentru a o verifica de impurități, îndeosebi apă care se va depune la fundul paharului folosit special pentru decantare. Supapele de decantare a combustibilului sunt de obicei supape cu închidere prin resort și există una (sau mai multe) la baza fiecarui rezervor de combustibil. Filtrul cu sită (filtrul brut) al combustibilului se găsește de obicei în cel mai de jos punct în întregul sistem de combustibil.

În termeni generali, dacă o cantitate mare de apă a fost găsită în rezervoare, acțiunile imediate ar trebui să includă următoarele:

- informați mecanicul/inginerul de sol;
- drenati rezervoarele până cand toata apă a fost scoasă;
- balansati aripa pentru a permite apei să graviteze către decantorul de apă;
- drenati mai mult combustibil și verificați dacă există apă la toate punctele de decantare.

2.6.3. Managementul combustibilului

Asigurati-vă ca avionul are cifra octanica corecta a combustibilului de la bord și ca nu contine impurități.

Asigurati-vă ca aveți la bord combustibil suficient pentru zbor și rezerva adekvata. Nu va bazati pe litrometrele de combustibil deoarece pot da indicații eronate. Calculați combustibilul necesar, inspectați vizual și măsurăti combustibilul care se află la bord înaintea zborului. Amintiți-vă că o parte din combustibil din rezervoare nu va putea fi folosit.

Faceti o decantare a combustibilului dacă este necesar sau dacă credeți că este binevenită.

Asigurati-vă că nu există scurgeri, că busoanele de combustibil sunt strânse și că aerisirile rezervoarelor sunt libere și neobstructionate. Busoanele rezervoarelor de combustibil se află de obicei pe partea superioară a aripii, care este o zonă cu presiune scăzută în zborul normal. Combustibilul va fi evacuat prin sifonare foarte repede în timpul zborului dacă busonul rezervorului nu este securizat. Îndeosebi la avioanele cu aripă sus, unde busonul rezervorului nu este vizibil de la sol sau în timpul zborului, ar trebui să aveți mai multă grijă. Trebuie să fiți familiarizați și să urmați instrucțiunile recomandate în manualul de zbor.

Trebuie să cunoașteți sistemul de combustibil, îndeosebi funcționarea robinetului (supapelor) de selectare a combustibilului. Când selectați un rezervor nou, asigurați-vă că robinetul (supapa) selectorului este mutat ferm în poziția corectă.

Nu schimbați rezervoarele dacă nu aveți nevoie exact înaintea decolarei sau aterizării. Dacă este posibil, verificați înainte de decolare dacă combustibilul este tras din rezervorul adecvat. Dacă operațiunea este posibila din mai mult de un rezervor la un moment dat, aceasta este de obicei de preferat pentru operațiuni în apropierea solului. Dacă aeronava este prevăzută cu pompe de supra-alimentare, se recomandă în general folosirea lor pentru decolare și aterizare.

Când schimbați robinetul pe alt rezervor verificați dacă există într-adevar combustibil în rezervorul care urmează să fie selectat, cuplând și pompă auxiliară electrică de combustibil și monitorizați indicația aparatului de presiune a combustibilului în timpul operațiunii și după transfer.

2.7. Sistemul de combustibil

Functia unui sistem de combustibil este aceea de a stoca combustibilul și de a-l trimite la carburator și la sistemul de injectie cu combustibil – în cantități adecvate și la presiunile corespunzătoare. El trebuie să ofere o curgere continuă de combustibil la presiune pozitivă în toate condițiile normale de zbor:

- modificarea altitudinii de zbor;
- schimbarea atitudinii (pozitiei) avionului;
- accelerarea brusca;
- decelerarea motorului.

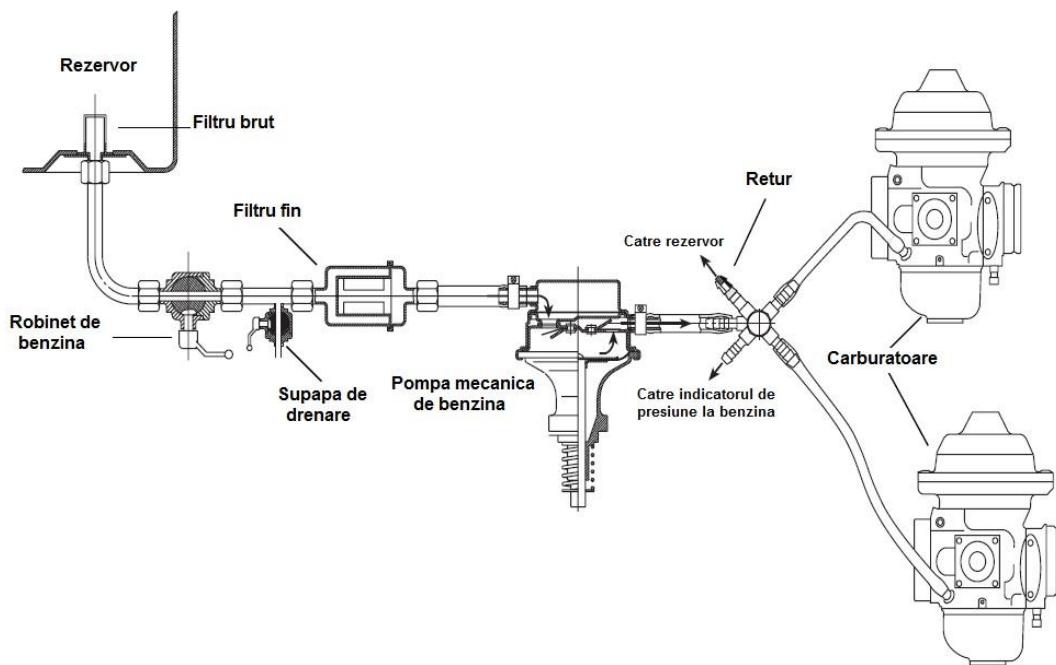


Fig. 2.37. Sistem de alimentare motor Rotax 912

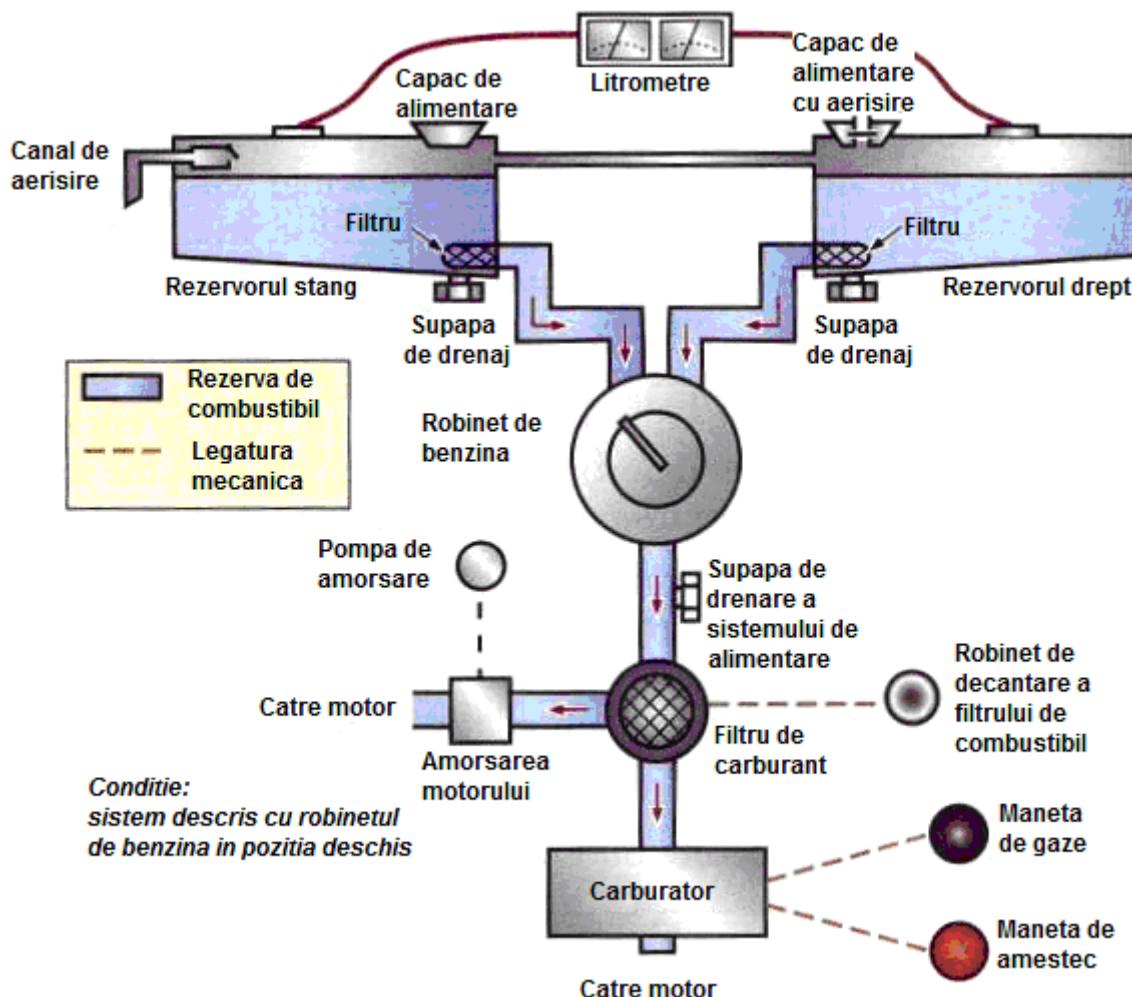


Fig. 2.38. Sistem de combustibil



2.7.1. Rezervoarele de combustibil

Combustibilul este stocat în rezervoarele de combustibil, care sunt de obicei instalate în aripi. Un sistem de colectare și drenare la cel mai scazut punct al fiecarui rezervor permite unor impurități grele, precum apa, să se adune, să fie inspectate și drenate. Rezervoarele adesea contin filtre pentru a preveni curgerea intermitentă a combustibilului în zbor – îndeosebi la schimbările mari de altitudine sau în turbulente.

Conducta de alimentare cu combustibil este poziționată mai sus decât zona de colectare și drenare pentru a evita orice impurități (apa sau reziduri lichide) să intre prin conductele de combustibil în carburator, fiind prevăzut și un filtru de combustibil pentru a reține orice cantitate mică de impurități. Deoarece conducta de alimentare a motorului nu este exact în cel mai jos punct rezervorului, va exista întotdeauna combustibil neutilizabil în rezervare.

Partea de sus a rezervorului de combustibil este prevăzută cu o conductă de aerisire pentru a permite presiunii atmosferice să se egalizeze cu cea din rezervor pe măsură ce altitudinea este schimbată și combustibilul este consumat. Orice presiune redusă (datorată unei aerisiri insuficiente) în rezervor ar putea reduce rata de curgere a combustibilului către motor și, de asemenea, poate face ca rezervoarele de combustibil să se deformeze spre interior (fenomenul este denumit "cavitație"). Sistemul de aerisire al rezervoarelor de combustibil trebuie verificat la inspectia externă de dinaintea zborului ca să va asigura că nu sunt blocate sau deteriorate. O conductă de aerisire a unui rezervor de combustibil blocată, în timpul zborului va impiedica aerul să intre și să ieșă din rezervor, și acest lucru ar putea impiedica combustibilul de a fi tras de pompa de combustibil din rezervor spre carburator și motor.

O drenare a surplusului de combustibil previne formarea presiunii în exces dacă volumul acestuia crește din cauza că rezervoarele pline au fost incalzite de soare.

Un avion cu aripă (sus) parasol, cu rezervoarele în aripi va permite în general combustibilului să fie dus de gravitație la carburator, fără să fie nevoie de vreo pompă de combustibil. Dacă nu există carburator, ci un sistem de injectie cu combustibil, pentru asigurarea necesarului de combustibil, în mod deosebit la decolare și aterizare, este necesara o pompă auxiliară (suplimentară) acționată electric.

La un avion cu aripi joase, rezervoarele, fiind mai jos decât motorul, au nevoie de o pompă de combustibil pentru a ridica combustibilul la carburator. Înainte de pornirea motorului, o pompă suplimentară electrică (auxiliară) este folosită pentru a pregăti sistemul de combustibil și pentru a epura vaporii existenți. Odată ce motorul este pornit, pompă mecanică acționată de motor, intră în funcțiune. Funcționarea corectă a pompei poate fi monitorizată cu un indicator de presiune a combustibilului.

Este normal ca pompă electrică de combustibil să fie cuplată pentru manevre critice precum decolare, aterizare și zborul la înalțimi mici în caz că pompă mecanică se defectează și motorul ramane fără alimentare cu combustibil.

Este important, îndeosebi la avioanele cu aripi joase, având combustibilul transportat în rezervare mai jos decât nivelul motorului, ca supapa de drenare (decentare) a combustibilului să fie verificată că fiind pe poziția închisă în timpul inspectiei externe de dinaintea zborului. Dacă nu este închisă, pompă de combustibil acționată de motor este posibil să nu fie capabilă să asigure suficient combustibil pentru motor (absorbind în schimb aer), și motorul poate ramane fără combustibilul necesar. Același fenomen se poate întâmpla și în cazul oricarei neetanșătăți a sistemului de combustibil.



2.7.2. Pompa de injectie

Pompa de injectie cu combustibil este o pompa comandata din cabina si este folosita pentru a pompa combustibil direct in cilindrii motorului la pregatirea pornirii. Acest combustibil nu trece prin carburator.

Maneta de comanda trebuie sa fie pe pozitia inchis in timpul zborului pentru a evita ca un exces de combustibil sa fie tras in cilindri, indeosebi la setari joase ale puterii, care ar putea opri motorul datorita amestecului prea bogat al raportului combustibil/aer.

2.7.3. Selectarea consumului de combustibil

O conducta de combustibil va merge de la fiecare rezervor la un robinet selector in cabina, pe care pilotul il foloseste pentru a selecta rezervorul din care va fi luat combustibil sau pentru a opri combustibilul. O selectie incorecta de catre pilot poate duce la incidente grave si accidente, asa ca cititi cu atentie aceasta sectiune din manualul de zbor al avionului respectiv.

Este de preferat ca atunci cand schimبات pozitia robinetului de combustibil pe alt rezervor sa cuplati pompa auxiliara electrica pentru a garanta presiunea combustibilului la carburator si sa monitorizati presiunea combustibilului pe masura ce operatiunea se desfasoara.

Orice pierdere de putere brusca si neasteptata ar trebui sa va aduca aminte imediat de doua cauze posibile:

- a) lipsa de combustibil la motor;
- b) givrarea carburatorului.

Daca respectiva cauza este selectarea incorecta a combustibilului, actiunile voastre ar trebui sa includa:

- a) tragerea manetei de gaze la minim (pentru a evita o supraturare brusca atunci cand motorul reporneste);
- b) setarea controlului de amestec la complet bogat;
- c) cuplati pompa auxiliara de combustibil electrica; si
- d) verificati pozitia robinetului selector de consum al combustibilului .

Daca problema motorului este givrarea carburatorului, atunci cuplati incalzirea carburatorului la maxim.

2.7.4. Pompe auxiliare de combustibil

Motivele pentru instalarea pompelor de combustibil electrice sunt:

- a) furnizarea de combustibil la presiunea ceruta de carburator sau de unitatea de dozare a combustibilului (sistem de injectie);
- b) eliminarea de pe conducte a vaporilor de combustibil;
- c) pregatirea cilindrilor pentru pornire;
- d) alimentarea cu combustibil daca pompa principala actionata de motor nu functioneaza.

Daca o pompa electrica de combustibil este prevazuta in sistemul de alimentare, este normal sa existe un aparat indicator de presiune a combustibilului pentru a monitoriza operatiunea.

2.7.5. Litrometrul de combustibil

Majoritatea avioanelor au aparate indicatoare ale nivelului de combustibil (litrometre) în cabina, care pot fi electrice sau care pot fi citite direct. Un pilot responsabil nu se bazează pe ele, deoarece pot emite indicații destul de gresite, îndeosebi când avionul nu este în zbor rectiliniu la orizontală.

Întotdeauna trebuie cercetat vizual continutul rezervoarelor de combustibil în timpul inspectiei externe (check-list) de dinaintea zborului, îndepărând busonul de combustibil și, folosind o tija pentru masurat nivelul combustibilului, se verifică nivelul acestuia, apoi trebuie fixat bine busonul pentru siguranță.

Rata de consum a combustibilului specificată în manualul de zbor al aeronavei pretinde o anumita compozitie a amestecului, care dacă nu are loc, ar putea duce la o ardere a combustibilului cu 20% mai mult și litometrul de combustibil ar citi mult mai puțin decât se așteaptă.

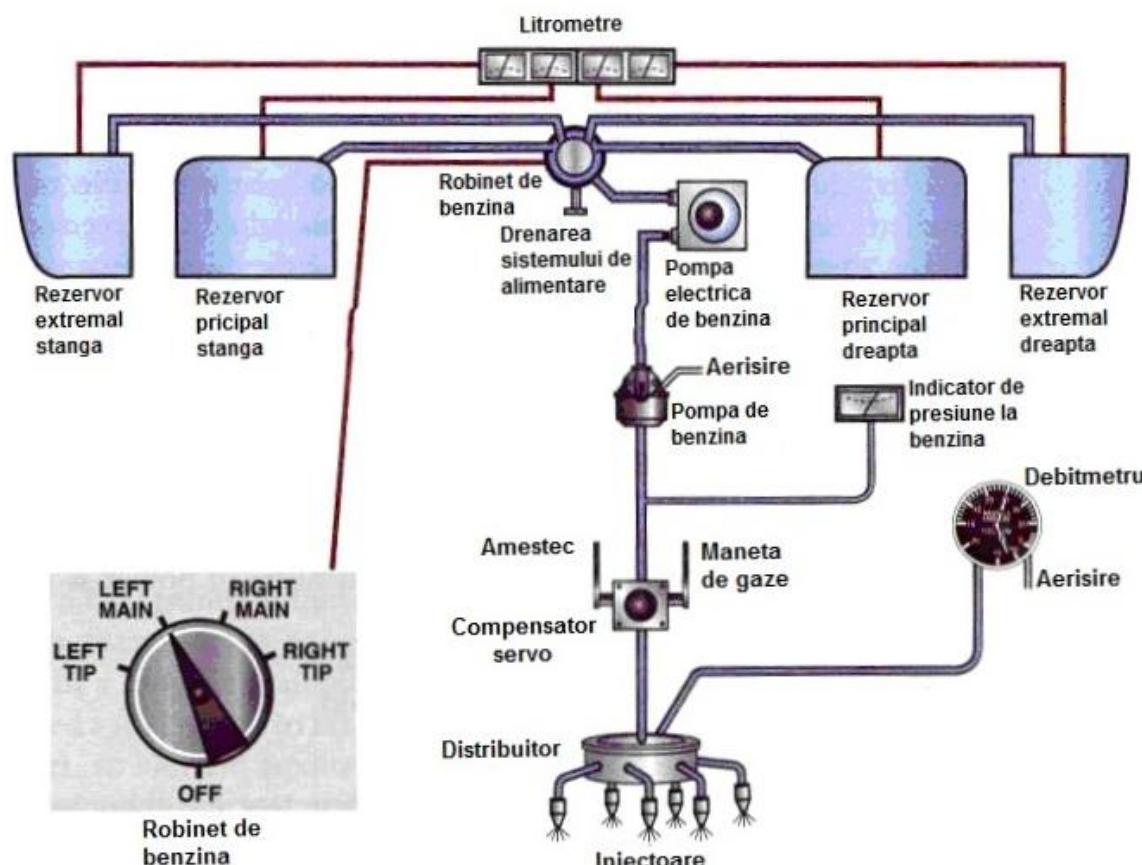


Fig. 2.39. Sistem de alimentare complex

2.7.6. Realimentarea cu combustibil

Pentru siguranță în timpul realimentării cu combustibil, avionul ar trebui parcat departe de alte avioane și clădiri, motorul trebuie oprit și contactele tăiate. Locația echipamentului de stingere a incendiilor trebuie cunoscută în caz ca este necesar. Fumatul este interzis pe o raza de min. 50 m în zona de alimentare a aeronavei.

Pentru a preveni posibilitatea unei scânteie de energie statică care aprinde vaporii de combustibil, trebuie să se conecteze fire de impământare între avion și echipamentul de realimentare cu combustibil și sol și să se asigure că se află la același potential electric. Acest lucru trebuie facut înainte de a îndepărta busonul de combustibil, când vaporii de combustibil sunt eliberați în aer.

2.8. Elicea

Elicea (din greaca helix, "spirala") este un mijloc de propulsie care realizeaza deplasarea unei nave sau aeronave prin rotirea paletelor elicei, amplasate radial pe axa elicei.

Elicea nu este prevazuta cu o carcasa, fiind un agregat care utilizeaza energia de propulsie rezultata din curentul de fluid sau aer care este produs prin miscarea de rotatie a elicei.



Fig. 2.40. Elice bipala

Descoperitorul sau inventatorul elicei este austriacul Joseph Ressel (1793-1857)

2.8.1. Principiu de functionare

Palele elicei sunt in asa fel amplasate, incat produc prin rotatie unde asimetrice de aer sau apa, prin aceasta iau nastere forte de presiune si absorbtie care determina, la randul lor, formarea unui curent in mediul respectiv.

Fiecare pala a elicei contribuie la acest efect motric de propulsie. Efectul se poate observa la vapoare, sau toate ambarcatiunile cu motor, vehicule cu perna de aer, avioane, elicoptere. O elice, dupa principiul de functionare, este inversul turbinei, prin faptul ca cedeaza energie mediului inconjurator, pe cand turbină preia energia potentială din mediul inconjurator. Latimea palelor este in functie de unghiul lor de amplasare pe axa elicei, ca si in functie de viteza de rotatie.

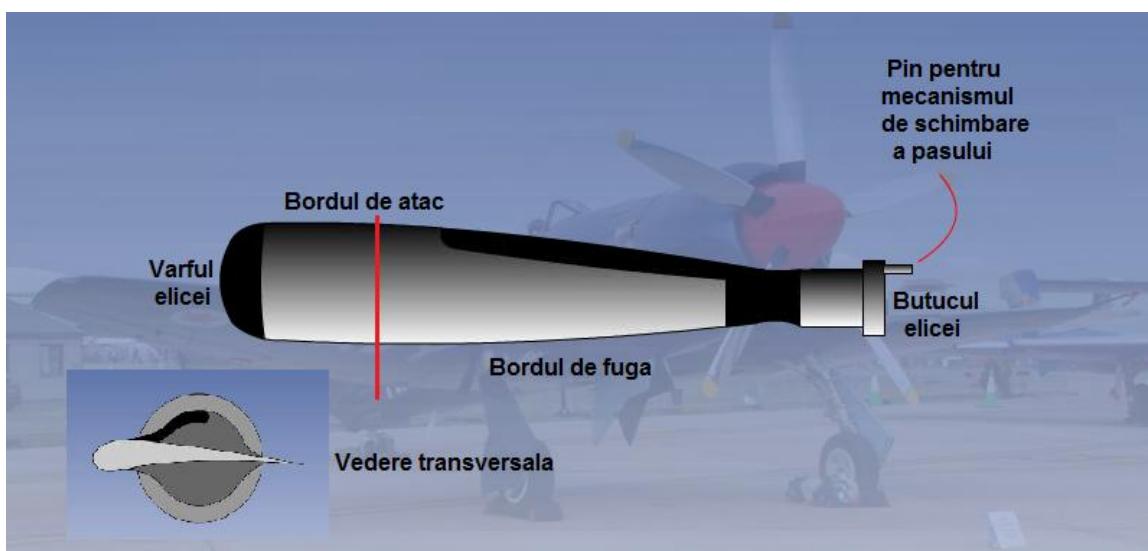


Fig. 2.41. Elementele elicei

Palele au de obicei un profil (lat. *fillum* = fir) sau contur, o fata fiind convexa obligand fluidul să efectueze o cale mai lungă ca și pe partea opusă, aceasta diferența de viteza între cele două parti creează efectul de sorb, intensitatea acestui efect putând fi reglată prin modificarea vitezei sau poziției palelor elicei.

Asemănător unei aripi, o pala de elice are o încastrare și un varf, un bord de atac și un bord de fugă, o secțiune transversală convențională, a cărei coardă unește bordul de atac cu bordul de fugă. Zona încastrării, unde secțiunea palei devine rotundă, se numește butucul elicei. Acesta cuprinde și mecanismul de schimbare a pasului elicei.

Coarda palei este linia dreaptă care unește bordul de atac cu bordul de fugă.

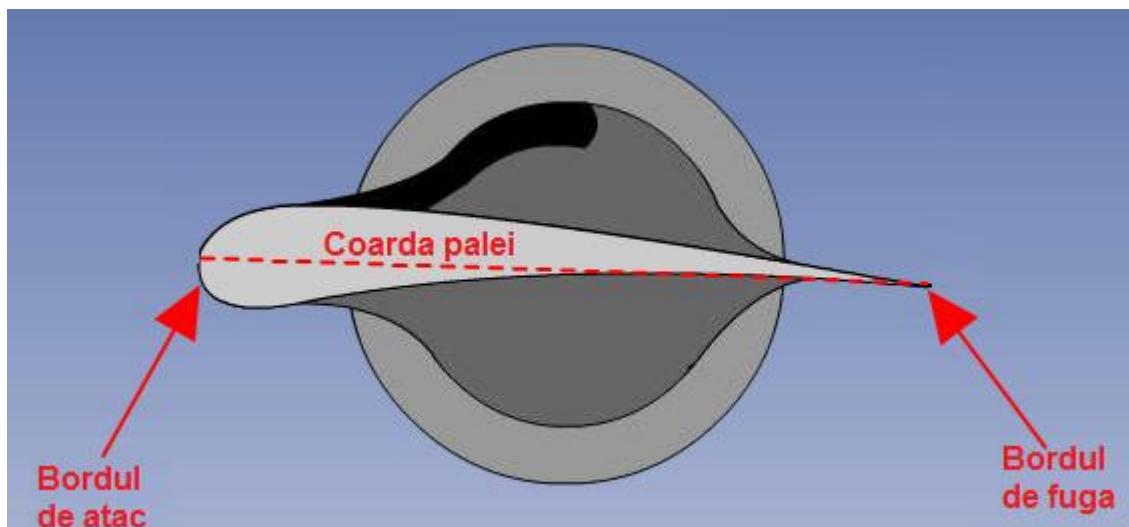


Fig. 2.42. Coarda palei

Unghiul palei este unghiul dintre coarda palei și planul de rotație. Unghiul palei scade de la butuc către varful elicei deoarece viteza de rotație a palei crește de la butuc către varf. Această variație de-a lungul palei asigură un unghi optim pe toată lungimea ei. Pentru referință, pala elicei este măsurată la aproximativ 75% din lungimea palei, începând de la butuc.

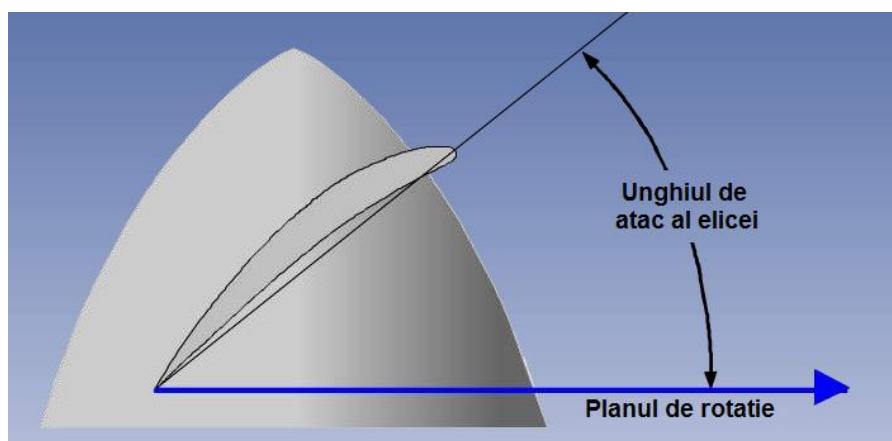


Fig. 2.43. Unghiul palei

Sectiunile palei aproape de varful ei sunt la o distanță mai mare de butucul elicei și acoperă o distanță mai mare pentru fiecare rotație. De aceea, pentru fiecare turatie a motorului, viteza de rotație a varfului palei este mai mare decat aproape de butuc.

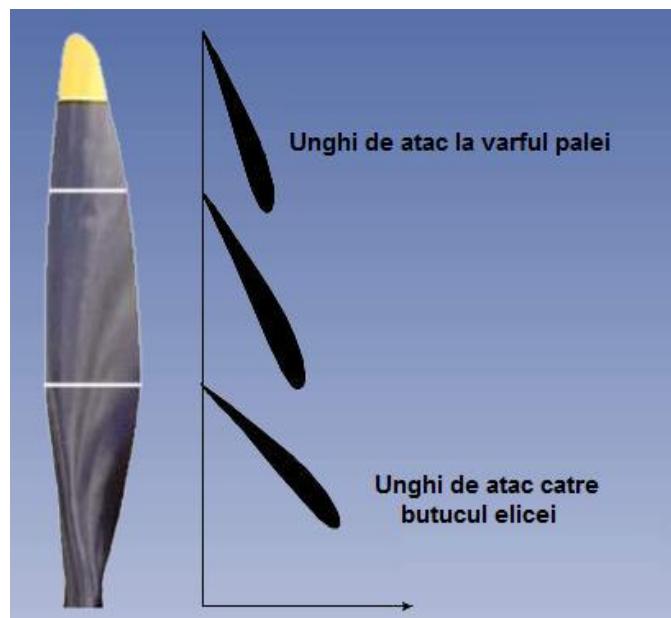


Fig. 2.44. Variatia unghiului palei pe lungimea palei

Unghiul palei trebuie să scade către vîrf, pentru a asigura unghiul optim. Unghiul palei determină pasul geometric al elicei. Un unghi mic se mai numește și pas mic, în timp ce un unghi mare este numit pas mare.

Pasul geometric al elicei

Pasul geometric al elicei este distanța pe care aceasta ar fi parcurs-o într-o rotație completă, asemănător unui tîrbuson care avansează în lemn pe măsură ce este insurubat.

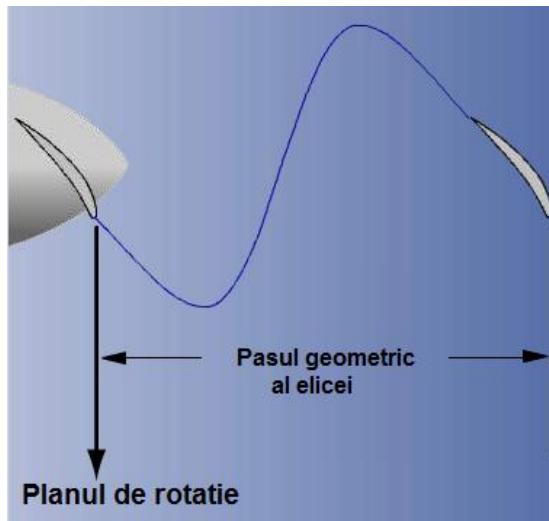


Fig. 2.45. Pasul geometric al elicei

Pasul adevarat al elicei

In zbor, elicea nu se misca prin aer cu valoarea pasului geometric, deoarece aerul este considerat un fluid si trebuie luata in considerare alunecarea. Distanța efectiva cu care elicea se deplaseaza pentru fiecare rotatie se numeste pasul adevarat al elicei. Diferenta dintre pasul geometric si pasul adevarat al elicei se numeste alunecare.

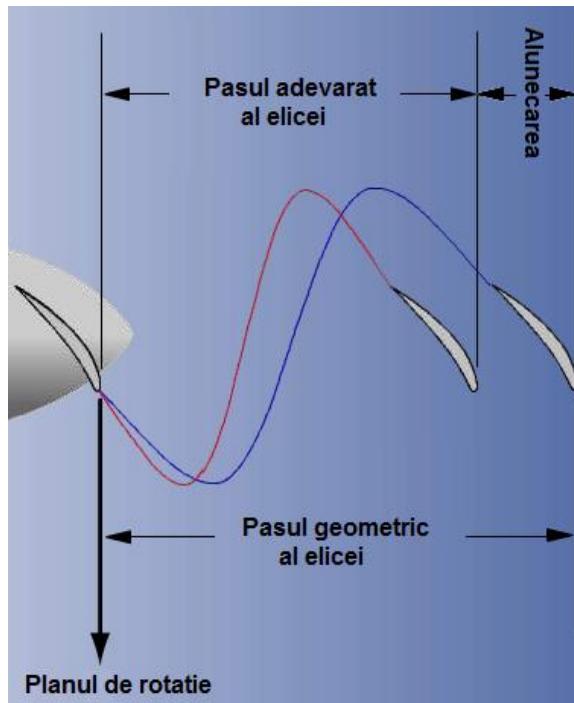


Fig. 2.46. Pasul adevarat si alunecarea elicei

Unghiul dintre coarda palei si curentul de aer se numeste unghiul de atac al palei (α). Unghiul de atac al unei elici cu pas fix depinde de turatie si de viteza aeronavei.

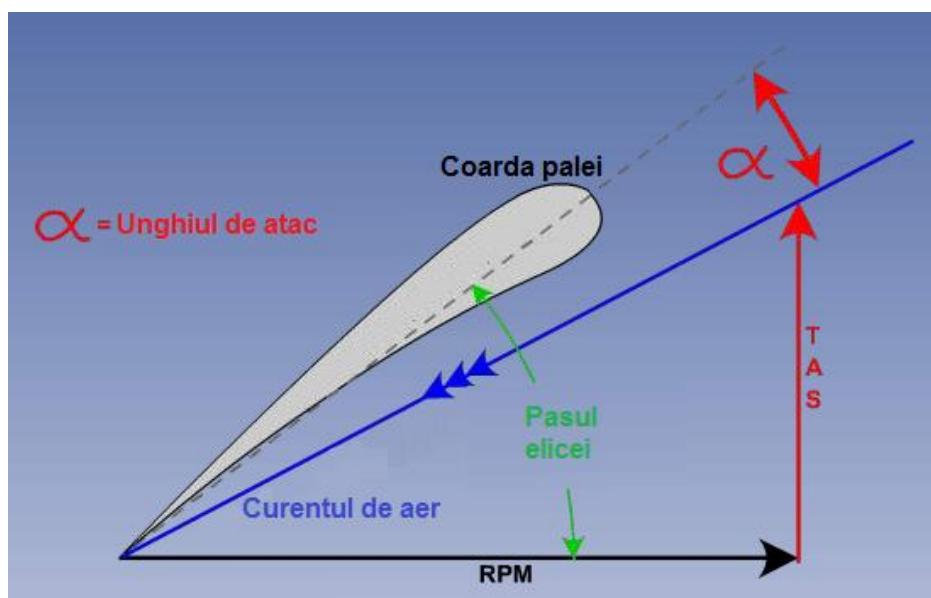


Fig. 2.47. Unghiul de atac al elicei

2.8.2. Momente și forțe generate de elice

Cuplul motor

In cazul in care o rotatia elicei este in sensul acelor de ceasornic, o reactie egala si de sens contrar (cuplu) va imprima aeronavei un moment de ruliu contrar sensului acelor de ceasornic. In timpul decolarii, aceasta va apasa mai tare roata stanga a trenului principal, determinand o schimbare de directie catre stanga.

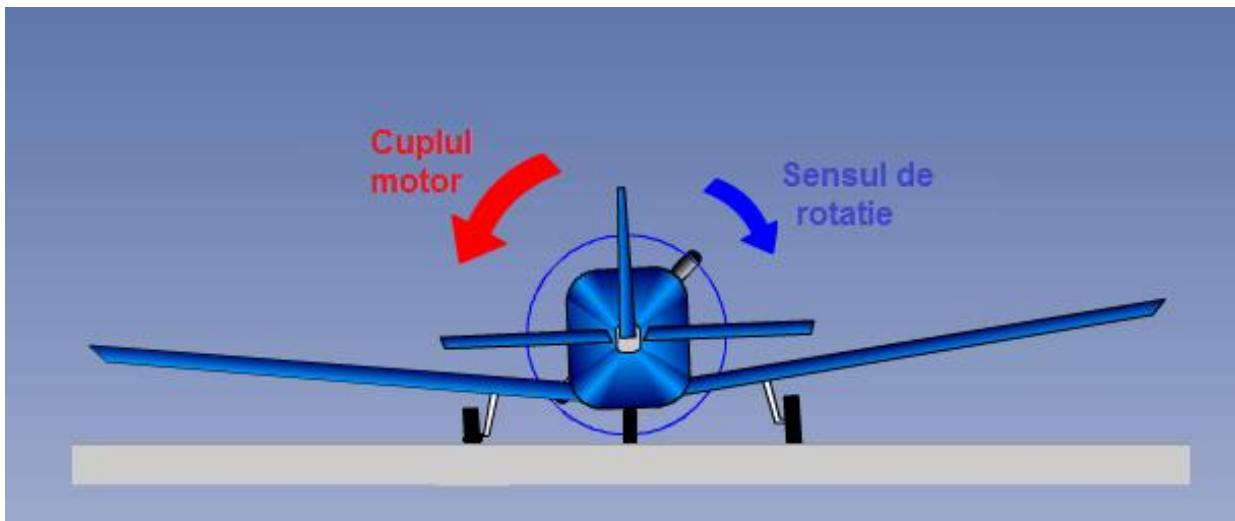


Fig. 2.48. Efectul cuplului motor

In zbor, cuplul se manifesta in acelasi fel, determinand aeronava sa schimbe directia catre stanga, in special in cazul in care se foloseste intreaga putere a motorului, in conditii de viteza scazuta (decolare, urcare). In mod evident, pentru o elice care se roteste contrar sensului acelor de ceasornic, toate efectele descrise mai sus se manifesta in directia opusa.

Efectul giroscopic

O elice care se roteste are proprietatile unui giroscop. Ceea ce produce efectul giroscopic este precesia.

Precesia giroscopică este efectul care are loc atunci cand o forta este aplicata pe marginea discului care se roteste. Cand o forta este aplicata pe marginea discului elicei care se roteste, actiunea fortei se manifesta la un punct aflat la 90° in sensul de rotatie si in aceeasi directie ca si forta aplicata.

De exemplu, daca o aeronava cu o elice care se roteste contrar sensului acelor de ceasornic (cum se vede din cabina) intra in tangaj (ca in fig. 2.49), aeronava se comporta ca si cum o forta de inaintare a fost aplicata in partea de sus a discului elicei. Dar linia adevarata de actiune a acestei forte se manifesta la 90° in sensul de rotatie, determinand aeronava sa vireze catre dreapta.

Urmatoarele situatii sunt valabile pentru o elice cu sensul de rotatie invers acelor de ceasornic:

CABRAJ: forta aplicata in partea de jos a discului elicei, efectul are loc la 90° in sensul invers acelor de ceasornic, rezultand schimbarea directiei catre stanga;

VIRAJ STANGA: forta aplicata in partea dreapta a discului elicei, efectul are loc la 90° in sensul invers acelor de ceasornic, rezultand un picaj;

VIRAJ DREAPTA: forta aplicata in partea stanga a discului elicei, efectul are loc la 90° in sensul invers acelor de ceasornic, rezultand un cabraj.

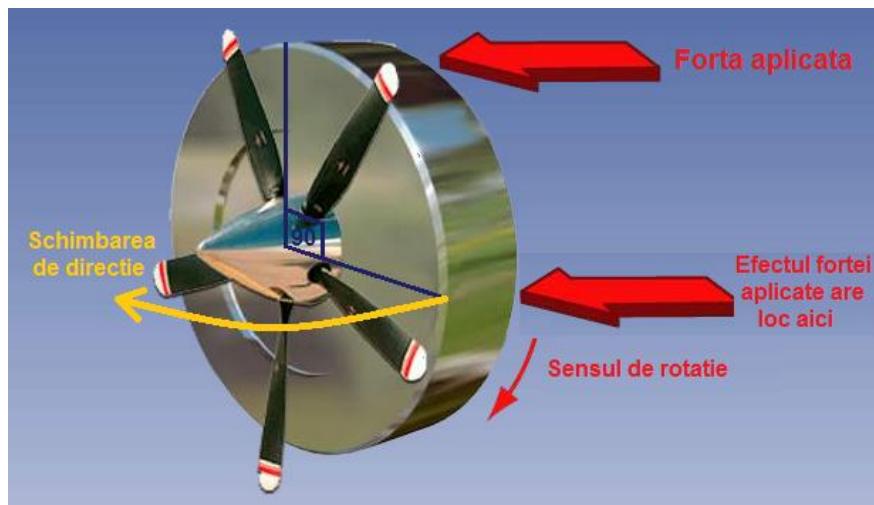


Fig. 2.49. Efectul giroscopic al elicei

Efectul de spirală

In timp ce elicea se roteste, produce un curent de aer, sau suflul elicei, care se invarte in jurul aeronavei (fig. 2.50). Acest suflu determina o schimbare in scurgerea de aer din jurul ampenajului vertical.

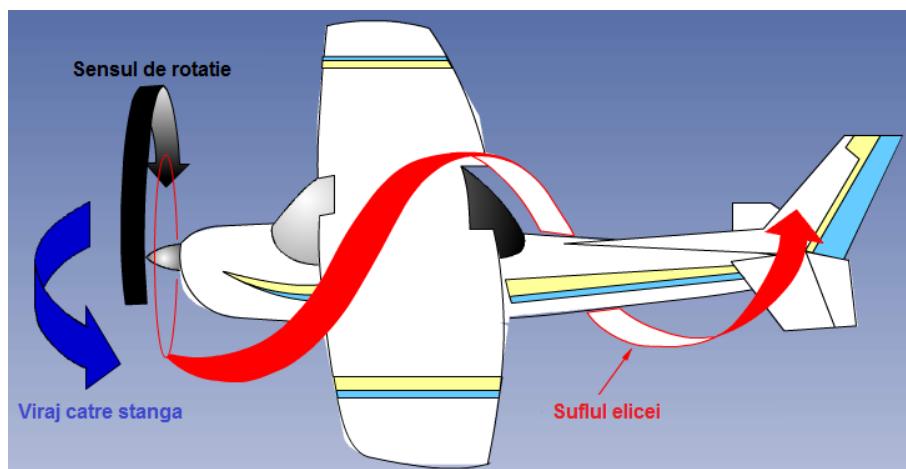


Fig. 2.50. Efectul de spirală al suflului elicei

In cazul aratat mai sus, din cauza rotirii elicei in sensul acelor de ceasornic, suflul elicei ia contact cu ampenajul vertical intr-un unghi din stanga, determinand aparitia unei forte laterale catre dreapta, si, implicit, o schimbare de directie catre stanga.

Efectul de spirală poate fi redus printr-un trimer de direcție, linia pe care actioneaza puterea motorului sa fie inclinata usor catre dreapta, sau actionarea usoara a directiei.

2.8.3. Elicea cu pas fix

Dezavantaje

O elice cu pas fix intalneste curentul de aer dintr-o directie determinata de viteza proprie a aeronavei si de turatia motorului. Cum arata fig. 2.47, o crestere a vitezei (creste vectorul TAS) determina o scadere a unghiului de atac al palei. De asemenea, o crestere a turatiei (creste vectorul RPM) determina o marire a unghiului de atac.

Eficiența acestui tip de elice

La o viteza de inaintare mare (de exemplu, intr-un picaj fara putere), unghiul de atac al palei se reduce la zero si apare supratrarea motorului, in timp ce la viteza mica si turatie mare (de exemplu, intr-o urcare) unghiul de atac al palei este mare si apare posibilitatea angajarii palei.

Ambele extreme sunt, evident, ineficiente. O elice cu pas fix va functiona eficient la o anumita combinatie de viteza (TAS) si turatie (RPM), ceea ce determina un unghi de atac al palei eficient. Aceasta limitare este un dezavantaj major al elicei cu pas fix, eficiența maxima a acestui tip de elice fiind in zona de 70%.

2.8.4. Elicea cu pas variabil

La o aeronava echipata cu o elice cu pas fix, pilotul are la indemana o singura metoda de a mari sau scadea puterea motorului, prin variația turatiei motorului. In cazul unei elici cu pas variabil, atat turatia motorului cat si unghiul de atac al elicei pot sa varieze pentru a controla puterea motorului. Exista diferite tipuri de elici cu pas variabil.

Elicea cu pas reglabil la sol

La acest tip de elice, pasul se regleaza la sol, prin repositionarea palelor in butuc. In zbor, acestea se comporta ca elici cu pasul fix.

Elicea de tip viteza constantă

Aeronavele moderne au elici care sunt controlate automat pentru a varia pasul cu scopul de a mentine o turatie anume selectata. Mecanismul de control este regulatorul de ture. O elice de tip viteza constantă are avantajul unei eficiente ridicate pentru o raza mai mare de viteze, obtinandu-se, astfel, performante ridicate la decolare si urcare, precum si consum redus de combustibil.

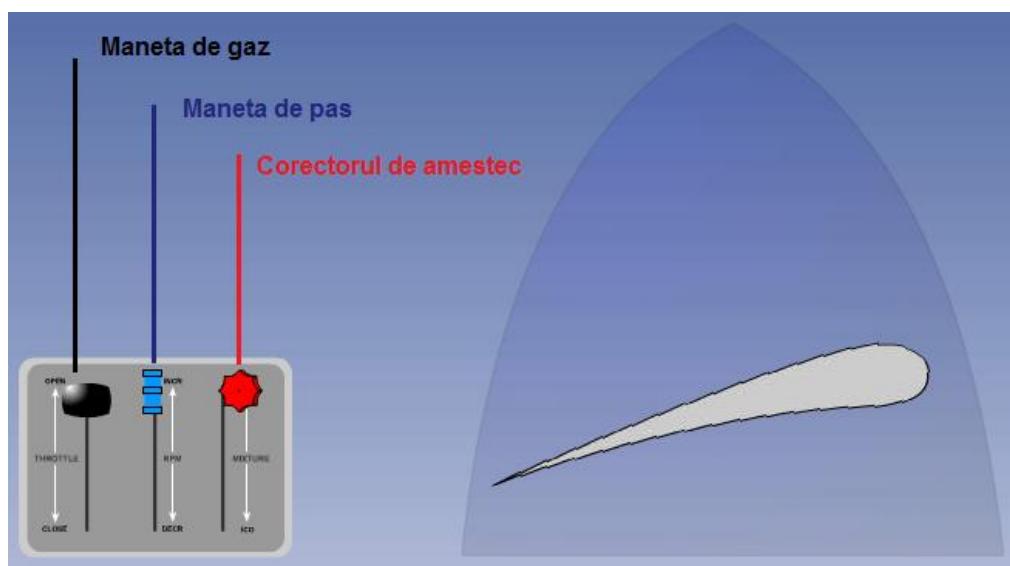


Fig. 2.51. Controlul motorului si al elicei



Fig. 2.51 ilustreaza controlul motorului intr-o dotare standard cu elice de tip viteza constanta. Maneta de gaz, maneta de pas si controlul amestecului (etuforul) sunt prezентate in pozitia de decolare (maxim in fata).

La oricare setare a manetei de gaze, marirea pasului elicei prin actionarea manetei de pas (catre in spate) va descrestea turatia. Actionarea catre in fata a manetei de pas va micsora pasul elicei si va creste turatia.

O analogie comparabila este asemanarea manetei de pas cu o cutie de viteze cu multiple pozitii. Actionarea catre in fata (cresterea turatiei) reprezinta viteza 1, in timp ce actionarea catre in spate (micsorarea turatiei) reprezinta viteza a 5-a.

La viteze mici (de exemplu, la inceputul rulajului pentru decolare), unghiul palei trebuie sa fie mic (pasul este mic) pentru ca unghiul de atac sa fie optim. De aceea, turatia este setata pe maxim si viteza este mica.

In timp ce aeronava accelereaza, viteza va creste, determinand o scadere a unghiului de atac al palei. Puterea motorului si cuplul vor scadea. Dat fiind ca motorul trebuie sa invinga o rezistenta mai mica, turatia va tinde sa creasca. Regulatorul de ture sesizeaza cresterea turatiei si va mari pasul palei pentru a mentine unghiul de atac al palei constant pe masura ce aeronava accelereaza.

Pentru zborul de croaziera, maneta de gaz si maneta de pas nu mai sunt la maxim in fata. Setarea optima a turatiei si a presiunii la admisie (setarea manetei de gaze) pentru zborul de croaziera sunt descrise in manualul de zbor al aeronavei. Procedura recomandata de trecere de la regimul de urcare la regimul de croaziera este de a reduce intai maneta de pas (turatia motorului) si apoi maneta de gaze (presiunea de admisie).

Din momentul in care regimul de croaziera a fost setat, regulatorul de ture va ajusta pasul elicei pentru a mentine turatia selectata, indiferent de celealte conditii de zbor, pana cand pilotul selecteaza o turatie diferita.

Daca pilotul incepe o coborare usoara, incarcarea pe elice va scadea, iar turatia va incepe sa creasca. Regulatorul de ture va sesiza aceasta tendinta si va mari pasul palei pentru a micsora turatia la valoarea selectata de pilot.

Daca pilotul initiaza o urcare usoara se intampla exact invers. Incarcarea pe elice creste iar turatia va incepe sa scada. Regulatorul de ture va sesiza aceasta variatie si va micsora pasul elicei pentru a mentine turatia setata.



SPAȚIU LĂSAT INTENȚIONAT LIBER

3. Sistemele aeronavei

3.1. Sistemul electric

Majoritatea aeronavelor necesita un sistem electric pentru a opera: luminile din cabina, luminile de aterizare, luminile instrumentelor, demarorul, flapsurile electrice, radioul, transponderul, sistemul de navigatie, trenul de aterizare electric retractabil, si asa mai departe.

Manualul de operare al aeronavei va contine informatii despre sistemul electric propriu avionului respectiv. Un avion modern tipic are un sistem electric de curent continuu (DC). Curentul este produs de un alternator cand motorul este pornit, sau de la o baterie sau sursa de energie electrica cand motorul este oprit.

3.1.1. Curentul continuu si curentul alternativ

Majoritatea aeronavelor folosesc curentul continuu pentru functionarea sistemelor electrice. Termenul de curent continuu determina faptul ca electronii circula intr-o singura directie.

Sensul curentului electric este sensul conventional in care circula sarcinile electrice pozitive (respectiv "golurile" de sarcina sau "lipsa" electronilor).

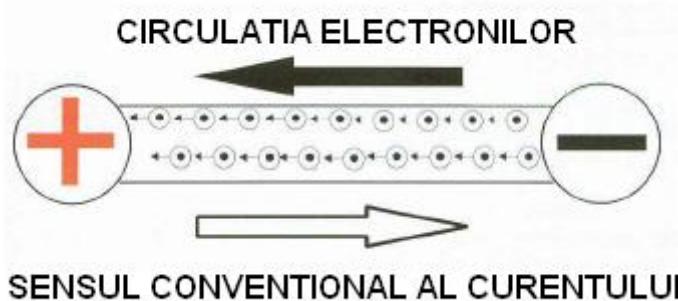


Fig. 3.1.

Intr-un curent alternativ, electronii oscileaza in jurul unui punct principal. Orice miscare a electronilor va genera energie electrica. Desi curentul alternativ este folosit la aeronavele usoare numai pentru generarea puterii, este mult mai des folosit decat curentul continuu la aeronavele comerciale, unde instalatii puternice, fiabile si eficiente sunt necesare.

Intensitatea curentului ce trece prin un conductor, asa cum este un cablu electric, este masurat in Amperi, de un instrument numit Ampermetru.

"Diferenta de presiune" necesara pentru a pune in miscare electronii de-a lungul unui conductor se numeste Tensiune electrica, si este masurata in Volti, de un Voltmetru.

Tensiune electrica poate fi generata in mai multe feluri. La aeronavele usoare, sursa principala de Tensiune electrica este generatorul sau alternatorul, bateria fiind numai de rezerva. Bateria poate sustine sistemele esentiale ale aeronavei timp de 30 de minute in cazul unei cedari a alternatorului sau generatorului.

Puterea electrica este definita sa fi ca produsul intre tensiunea electrica U a unei surse (baterie electrica sau generator electric) si curentul I consumat de un consumator electric.

$$P=U \times I$$

Puterea electrică, ca și puterea mecanică, se măsoară în Watt.

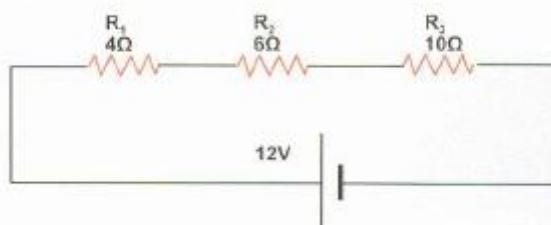
Consumatorii de energie electrică sunt, în general, cu mici excepții (cum ar fi, spre exemplu motoarele electrice) assimilate cu rezistențe electrice, adică dispozitive electrice ce consumă un curent electric proporțional cu tensiunea electrică de la bornele sale, sau, altfel spus, $U=I \times R$, unde R este valoarea rezistenței electrice.

Legea lui Ohm stabilește legătura între rezistența electrică și tensiunea și intensitatea curentului electric, adică,

$$R = U / I, \text{ unde } R \text{ se măsoară în Ohmi.}$$

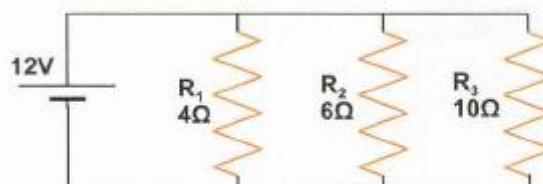
Într-un circuit electric, rezistențele se pot grupa în serie sau în paralel (sau combinat):

CONECTARE IN SERIE



$$R_{\text{echivalent}} = R_1 + R_2 + R_3$$

CONECTARE IN PARALEL



$$\frac{1}{R_{\text{echivalent}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Fig. 3.2.

3.1.2. Bara colectoare

Bara colectoare este centrul de distribuție al sistemului electric. Este o bară de metal care permite curentului electric să fie distribuit diferitelor circuite electrice sau unități.

Energia electrică este distribuită către bara colectoare printr-un alternator (generator) și o baterie, iar de la bara colectoare către circuite și componente electrice care necesită energie.

3.1.3. Bateria

Bateria ofera energia electrica initiala pentru a porni motorul si o sursa de rezerva de energie electrica pentru folosirea de urgență.

Majoritatea avioanelor usoare au o baterie cu acid care creeaza curent electric (amperi) printr-o relație chimică intre placile principale introduse în acid sulfuric slab care actionează ca un electrolit. Pentru a preveni coroziunea de la vreo scurgere de acid, bateria este de obicei localizată în propriul sau compartiment. Bateria trebuie să fie ventilată pentru a elimina hidrogenul și oxigenul format când aceasta este încărcată.

Bateriile sunt clasificate în funcție de voltajul de-a lungul terminalelor – de obicei 12 sau 24 volți - și capacitatea lor de a oferi curent pentru o anumita perioadă de timp (amperi/oră – Ah).

O baterie de 30Ah este capabilă să ofere constant curent de 1 amper pentru 30 ore (sau 6 amperi pentru 5 ore). Dacă energia electrică este epuizată, de exemplu prin pornirea motorului, bateria are nevoie să fie reincărcată. Aceasta are loc, de obicei, după ce motorul pornește cand absorbe energie produsă de alternator. Cea mai mare scurgere de curent din baterie are loc în timpul pornirii, cand oferă energie electrică motorului de pornire – astăzi ca cea mai mare rată de reincarcare a bateriei va avea loc în mod normal imediat după pornirea motorului.

Conecțarea a două baterii de 12 volți 40Ah în paralel este echivalentă cu o singură baterie de 12 volți capabilă de a alimenta $(2 \times 40) = 80\text{Ah}$.

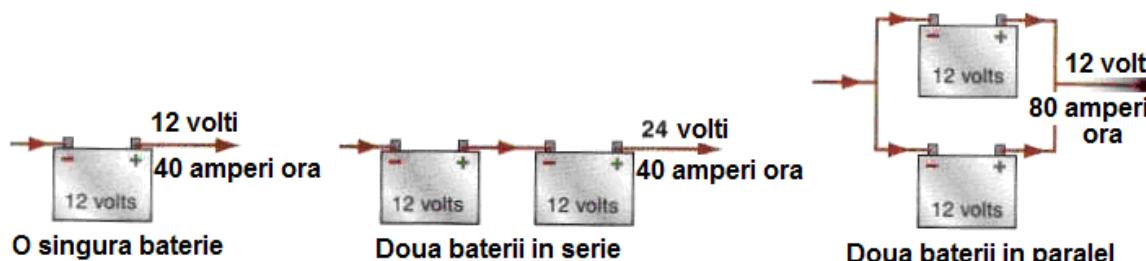


Fig. 3.3. Baterii conectate în serie și în paralel

Utilitatea bateriei poate fi verificată prin:

- testarea acidității lichidului electrolit folosind un hidrometru.
- verificarea faptului că își menține voltajul sub încarcare.
- verificarea faptului că lichidul acoperă placile. Dacă nivelul fluidului este foarte jos sub nivelul varfului placilor, bateria nu își va păstra încarcarea completă pentru foarte mult timp, și ampermetrul va indica o rată ridicată de încarcare în zbor.
- scurgerile, conexiunile și securitatea bateriei ar trebui de asemenea verificate.

Aceasta are loc în cadrul programului normal de întreținere de către ingineri.

Nu plecați la zbor cu o baterie descărcată – rezultatul ar putea fi lipsa energiei electrice în timpul zborului. Dacă bateria este descărcată, înlocuiți-o sau reincărcați-o înaintea zborului.

Nu porniți motorul cu radioul sau alte echipamente electrice și electronice (avionics) pornite. Fluctuații mari de voltaj cand starterul este cuplat pot dauna sever circuitelor electrice sensibile. Porniți acest echipament electric auxiliar după ce motorul este pornit, și după ce ati verificat că alternatorul încarcă bateria. Pentru aceleasi motive, opriți echipamentul electric și electronic (avionics) auxiliar înainte de a opri motorul.



3.1.4. Alternatorul si generatorul

Alternatoarele si generatoarele produc energia electrica necesara pentru a incarca bateria si pentru functionarea echipamentului electric al aeronavei. Simplu spus, in timp ce generatorul produce curent continuu, alternatorul produce curent alternativ si, prin blocul de diode, schimba curentul alternativ in curent continuu, care apoi alimenteaza circuitul.

In timp ce un generator are nevoie ca motorul sa mearga la jumata din turatia maxima ca sa genereze curent la parametrii maximi, un alternator poate genera aproximativ maximul de putere chiar si la ralanti.

Atunci cand motorul este in functiune, alternatorul produce curent electric pentru a incarca bateria si pentru a opera sistemele aeronavei. Anumite tipuri de aeronave au generator, in loc de alternator. Din punctul de vedere al pilotului, circuitele de control ale generatorului si alternatorului sunt foarte asemanatoare, singura diferență notabilă fiind ca circuitul unui alternator include un bloc de diode. Acest bloc de diode schimba curentul alternativ in curent continuu, o procedura care nu este necesara in cazul unui generator, deoarece acesta produce curent continuu.

In plus fata de furnizarea energiei pentru echipamentul electric, o functie importanta a alternatorului sau generatorului este de a reincarca bateria, asigurindu-se ca este pregatita pentru a fi folosita mai departe. Majoritatea sistemelor electrice ale avioanelor sunt de curent continuu de 14 sau 28 volti. Notati ca aceste voltaje sunt mai mari decat ale bateriei, pentru a permite bateriei sa fie incarcata complet.

Avantajele unui alternator

Alternatoarele sunt mai usoare decat generatoarele deoarece nu contin electromagneti si nu au dimensiuni la fel de mari. Produc un voltaj relativ constant, chiar la turatii scazute si sunt mai usor de intretinut.

Dezavantajul unui alternator

Spre deosebire de un generator, un alternator necesita un curent initial de la baterie pentru a crea un camp magnetic, necesar pentru a "sensibiliza" alternatorul inainte sa poata produce curent electric. De aceea un avion cu alternator trebuie sa aiba o baterie incarcata. Daca elicea se invarte la turatie de demaror sau la turatie de ralanti, alternatorul nu va produce curent daca bateria nu are cel putin un voltaj rezidual. Avantajele unui alternator depasesc totusi acest dezavantaj.

3.1.5. Ampermetrul

Ampermetrul masoara curentul (in amperi) catre sau dinspre baterie. Exista doua tipuri diferite de prezentari ale ampermetrelor si trebuie sa intelegeti ce anume va spune instrumentul.

Apermetrul de zero-stanga

Aceasta masoara doar randamentul alternatorului sau generatorului. Este gradat de la zero amperi la capatul stang al scalei, crescand in amperi la capatul drept al scalei – sau poate fi aratat ca un procent al incarcarii alternatorului.

Cu bateria functionala si cu motorul oprit, sau cu motorul pornit si cu alternatorul oprit, ampermetrul va arata zero. Daca motorul este pornit si alternatorul pornit de asemenea, ampermetrul va arata incarcarea alternatorului.

In timpul pornirii, bateria descarca energia electrica, astfel ca, imediat dupa pornirea motorului, indicatorul ampermetrului va fi destul de ridicat in timpul reincarcarii initiale a bateriei.

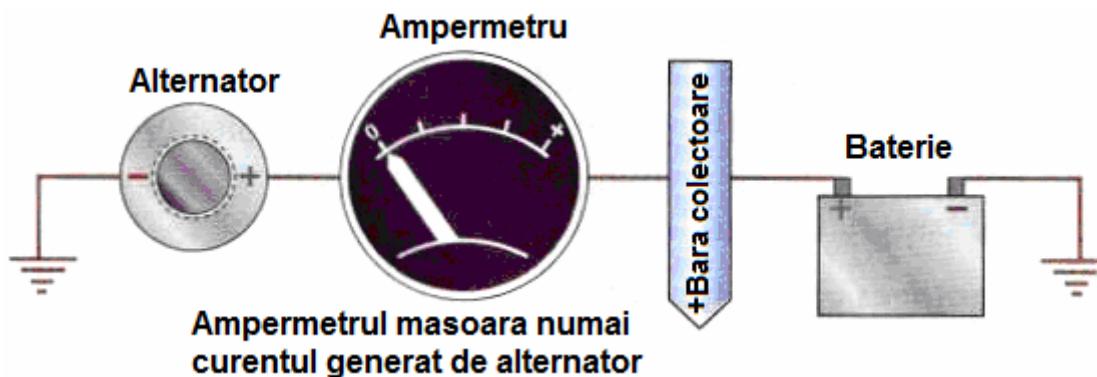


Fig. 3.4. Ampermetrul de zero-stanga

Cand bateria este complet incarcata, si alternatorul functioneaza, ampermetrul ar trebui sa indice o valoare putin peste zero daca toate circuitele electrice sunt inchise. Cand aceste circuite sunt pornite, valoarea indicata de ampermetru va creste.

Daca aceasta valoare scade la zero in timpul zborului, probabil inseamna defectarea alternatorului. Unele sisteme electrice au o lumina de avertizare rosie care se aprinde ca in cazul in care alternatorul nu mai ofera energie electrica. Trebuie cunoscute procedurile insuficiente electrice din manualul de operare al aeronavei; exista posibilitatea restabilirii energiei electrice.

In cazul unei asemenea defectiuni este bine ca incarcarea electrica sa fie redusa la minim, deoarece numai bateria mai poate oferi energie electrica. Este necesara aterizarea cat mai curand posibil si corectarea problemei.

Ampermetrul de centru-zero

Acesta masoara curgerea curentului catre si dinspre baterie.

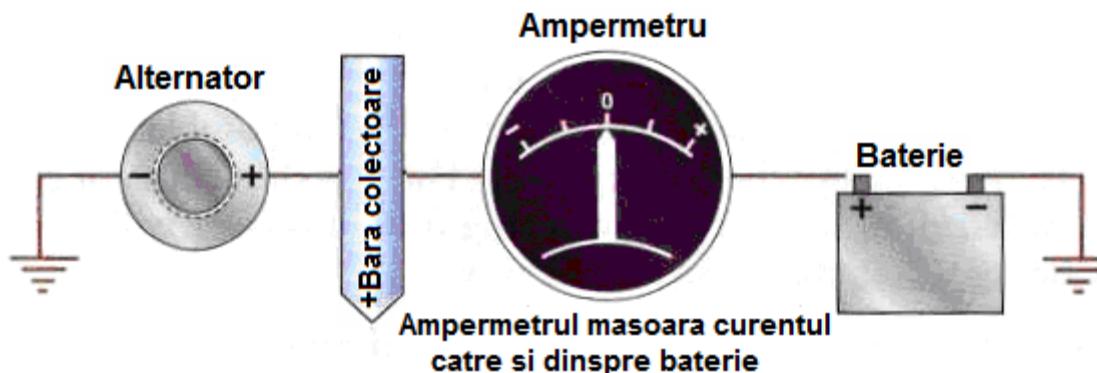


Fig. 3.5. Ampermetrul de centru-zero

In cazul in care acul ampermetrului de centru-zero sta central sau putin deviat dreapta indica faptul ca bateria este incarcata si sistemul functioneaza normal.

Ampermetrul de centru-zero indica o defectare a alternatorului cand acul indicator indica o descarcare (acul este plasat in partea stanga a scalei).

Daca acul indicator trece putin in partea negativa a scalei pentru o anumita perioada de timp, alternatorul este incapabil sa sustina toate sarcinile cat si incarcarea bateriei in acelasi timp. In aceasta situatie, anumite echipamente electrice trebuie operte, altminteri bateria va fi complet descarcata.



Fig. 3.6. Ampermetru Aerostar Festival

3.1.6. Contactul general

Contactul general (sau pornirea bateriei/pornirea alternatorului) controleaza toate sistemele electrice ale avionului, cu o exceptie importanta – sistemul de combustie, care primeste energie electrica direct de la inductor. (acest aspect nu este complet adevarat daca avionul are un ceas electric, care va consuma doar o cantitate mica de energie).

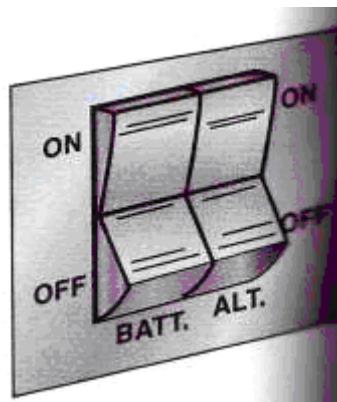


Fig. 3.7. Contact general

Contactul general trebuie sa fie pornit pentru ca oricare alt sistem electric sa primeasca energie, sau pentru ca bateria sa fie reincarcata cand motorul este pornit. Ar trebui inchis dupa ce opriti motorul, pentru a evita ca bateria sa se descarce prin sistemele conectate la ea.

La avioanele care au alternator, contactul general este impartit (cu doua jumatati care pot fi aprinse si operte separat). O jumatare opereaza pornirea bateriei (sau releu principal pentru sistemele electrice), care conecteaza energia bateriei de bară colectoare (punctul de distributie electrica). Cealalta jumatare opereaza pornirea alternatorului, pentru a energiza alternatorul. Conecteaza campul alternatorului de bară colectoare, oferind astfel alternatorului energie de la baterie pentru sensibilizarea campului.

Ambele circuite trebuie pornite pentru a opera sistemul electric in mod normal. Daca oricare circuit este oprit in timpul zborului, atunci trebuie sa luati in considerare eventualitatea unei aterizari de urgență.

3.1.7. Alarme, disjunctoare și sigurante

Acstea au rolul de a proteja echipamentul de orice supraincarcare cu curent electric. Dacă are loc o supraincarcare electrică sau un scurt-circuit, o sigurantă se va topi sau un disjunctor (sau sigurantă automată; circuit breaker) care va sări și va întrerupe circuitul astfel încât să nu mai poată trece curent prin el.

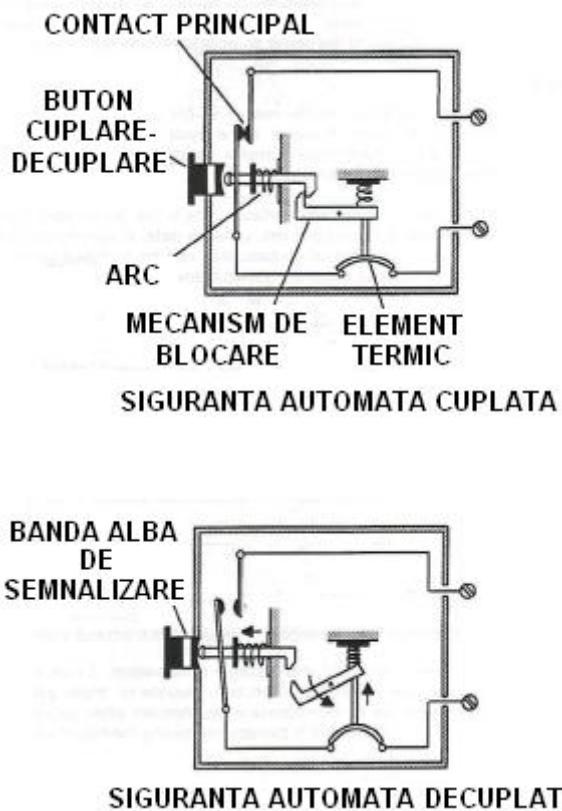


Fig. 3.8.

Acstea pot preveni în circuit supraincalzirea. Este un procedeu normal (dacă nu simți vreun miros sau un alt semn de ardere sau supraincalzire) pentru a resetă un disjunctor doar o dată, impingindu-l înapoi sau resetându-l. Dacă acestaiese din nou puteti fi siguri ca este o problemă electrică și nu ar trebui resetat a două oară. În mod similar o sigurantă nu ar trebui înlocuită mai mult de o dată (verificand mai întâi incarcarea corectă a firului înlocuitor). Sigurante de rezerva de tipul corect ar trebui să fie disponibile în cabina. Nu înlocuiti o sigurantă oxidată cu una cu mai multe grade (de exemplu 15 amp este o gradare mai mare decât 5 amp) deoarece aceasta poate permite curentului excesiv să treaca prin circuitul electric pe care se presupune că îl protejează. Ar putea apărea un foc electric.

Intrerupătoarele supraincarcate se vor opri singure de la încarcatura electrică. Le puteti reconecta ca pe un interrupător de circuit resetabil. Unele carti despre avioane recomandă o întârziere de un minut sau două înainte de resetare pentru a permite racirea circuitului posibil supraincarcat. Dacă detectați foc, fum sau miros de ars, este de sfatuit să fiți precauți. Nu este bine să resetați disjunctorul sau să înlocuți siguranta în astfel de cazuri.

3.1.8. Releele

Un releu este un mecanism intr-un circuit electric care poate fi activat printr-un curent sau tensiune pentru a produce o schimbare în condiția electrică a acelui circuit electric.

In loc să se folosească un circuit de amperaj mare, care are pierderi mari de curent și, implicit, o greutate mai mare din cauza cablurilor folosite pentru a compensa aceste pierderi, se folosește, de obicei, un circuit de curent cu un amperaj scăzut pentru a activa un releu ce comanda mai departe electromotorul printr-un circuit de amperaj mare, dar mult mai scurt.

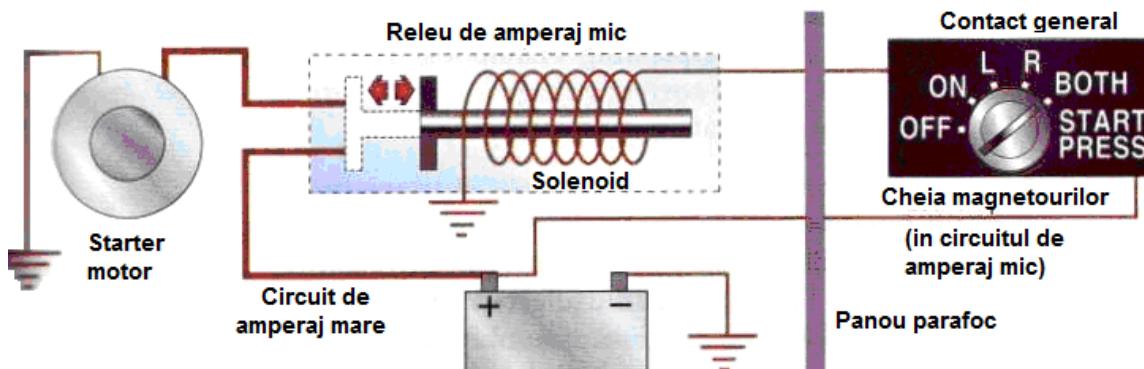


Fig. 3.9. Circuitul releului de amperaj mic activeaza circuitul starterului de amperaj mare

Un releu este de obicei operat pe principiul solenoidului. Un solenoid este o bară de metal sau o tija cu un filament dublu spiralat în jurul său. Dacă prin aceasta bobină trece curent, se stabilește un camp magnetic care poate mișca tija de metal, și apoi exercita o sarcină mecanică, cum ar fi întreruperea unui contact în circuitul electric. Un releu tipic constă într-un contact tinut deschis întrerupând astfel un circuit electric. În jurul axului releului se află un filament dublu spiralat. Dacă un curent este facut să treaca prin acest filament, un camp magnetic este creat care va mișca releul în poziția închis, completând astfel circuitul și permitând curentului să treaca prin el.

Curentul care activează releul este într-un circuit complet diferit de releu.

Ocazional un releu va ramane pornit chiar în cazul în care curentul care îl activează a fost înălțat. Multe startere electrice au o lumină de avertizare roșie care va sta aprinsă pentru a-l avertiza pe pilot de releul de pornire care stă în continuare conectat, și ca starterul motorului încă funcționează deși starterul a fost închis.

3.1.9. Sursa externă de energie

Avioanele usoare mai sofisticate sau avioanele mai mari au o priză pentru a conecta o sursă de energie electrică potrivită la sistemul electric al avionului – fie pentru a asigura energie de la sol pentru o perioadă mai mare, cand motorul sau motoarele nu funcționează, sau pentru a păstra bateria avionului în timpul pornirii motorului.

La unele tipuri de avioane, cu o baterie inutilizabilă, sursa de energie externă poate fi brânzată dar nu se va conecta la sistemul electric al avionului – puțin curent de la baterie este necesar pentru a opera releul care conectează energia externă brânzată în circuitul avionului. Există alte sisteme care operează diferit de acestea, astăzi verificate în manualul de operare al pilotului. Asigurați-vă că aveți o unitate de energie impămânată sau că este folosit voltajul corect. (Dacă puneti o unitate de 28V într-un avion cu sistem electric de 12 volti va dauna radiourile și electricelor).



3.1.10. Defecte electrice

O supraincarcare electrica va cauza in mod normal ca o siguranta sa se topeasca sau disjunctor sa sara. Acesta protejeaza circuitul afectat. Asteptati doua minute sa se raceasca si, daca nu este nici un indiciu de fum, foc, sau miros de ars, inlocuiti siguranta sau resetati disjunctorul – resetati-l doar o data. Nu resetati si a doua oara.

Ampermetrul ar trebui verificat cand motorul este pornit pentru a va asigura ca alternatorul ofera suficient curent (amperi) pentru sistemele electrice si pentru a reincarca bateria. Ampermetrul indica de obicei rata la care curentul curge in baterie si o reincarca.

Cu motorul pornit, ampermetrul poate indica doua probleme:

- a) curent insuficient pentru a incarca bateria.
- b) prea mult curent

Cu insuficient curent de la alternator, sau fara curent, sistemele electrice activate ar trebui reduse la minim pentru a pastra bateria, si ar trebui sa va ganditi sa aterizati cat mai curand. Majoritatea bateriilor nu pot sustine toate serviciile electrice pentru o perioada lunga.

Cu prea mult curent si cu o rata de incarcare excesiva, bateria se poate supraincalzi si electrolitii (care pot fi acid sulfuric) incep sa se evapore, daunand probabil bateriei. Daca motivul curentului in exces este un regulator gresit de tensiune, echipamente precum radioul ar putea fi afectate. Majoritatea avioanelor au un senzor de supravoltaj care, in aceste circumstante, ar inchide automat alternatorul si ar ilumina cabina cu lumina rosie pentru a alerta pilotul.

Nota: Operatiunile cu un sistem electric cu alternator si o baterie incarcata parcial nu sunt recomandate pentru motivele de mai sus.

Daca alternatorul se defecteaza (lucru sesizat in majoritatea avioanelor fie prin indicatia ampermetrului care scade la zero sau printr-o lumina de avertizare rosie), bateria va functiona ca o sursa de urgență pentru energia electrică. Pentru a mari perioada pentru care bateria poate oferi energie in urma defectării alternatorului, incarcatura electrica ar trebui redusa. Acest lucru poate fi facut prin oprirea sistemelor auxiliare precum luminarea si radiourile. Ar trebui sa va ganditi la terminarea zborului la un aerodrom din apropiere adevarat cat timp inca exista energie electrica.

3.1.11. Sisteme electrice tipice

Manualul de operare al pilotului pentru fiecare avion va contine o diagrama a sistemului sau electric si a sistemelor carora le este asigurata energia electrica. Aranjamentul variaza foarte mult intre avioane, dar anumite sisteme importante care ar putea primi energie de la un sistem electric includ:

- a) unele sau toate instrumentele giroscopice de zbor (indicatorul de viraj si glisada, giroorizontul si indicatorul de directie). Instrumentele statice ale pilotului (altimetru, vitezometru, variometru) nu au energie electrica.
- b) sistemul de pornire
- c) luminile de aterizare, semnalele luminoase, bliturile electronice, iluminatul cabinei, luminile instrumentelor
- d) radiouri.

Verificati diagrama sistemului electric pentru avionul dumneavostra.

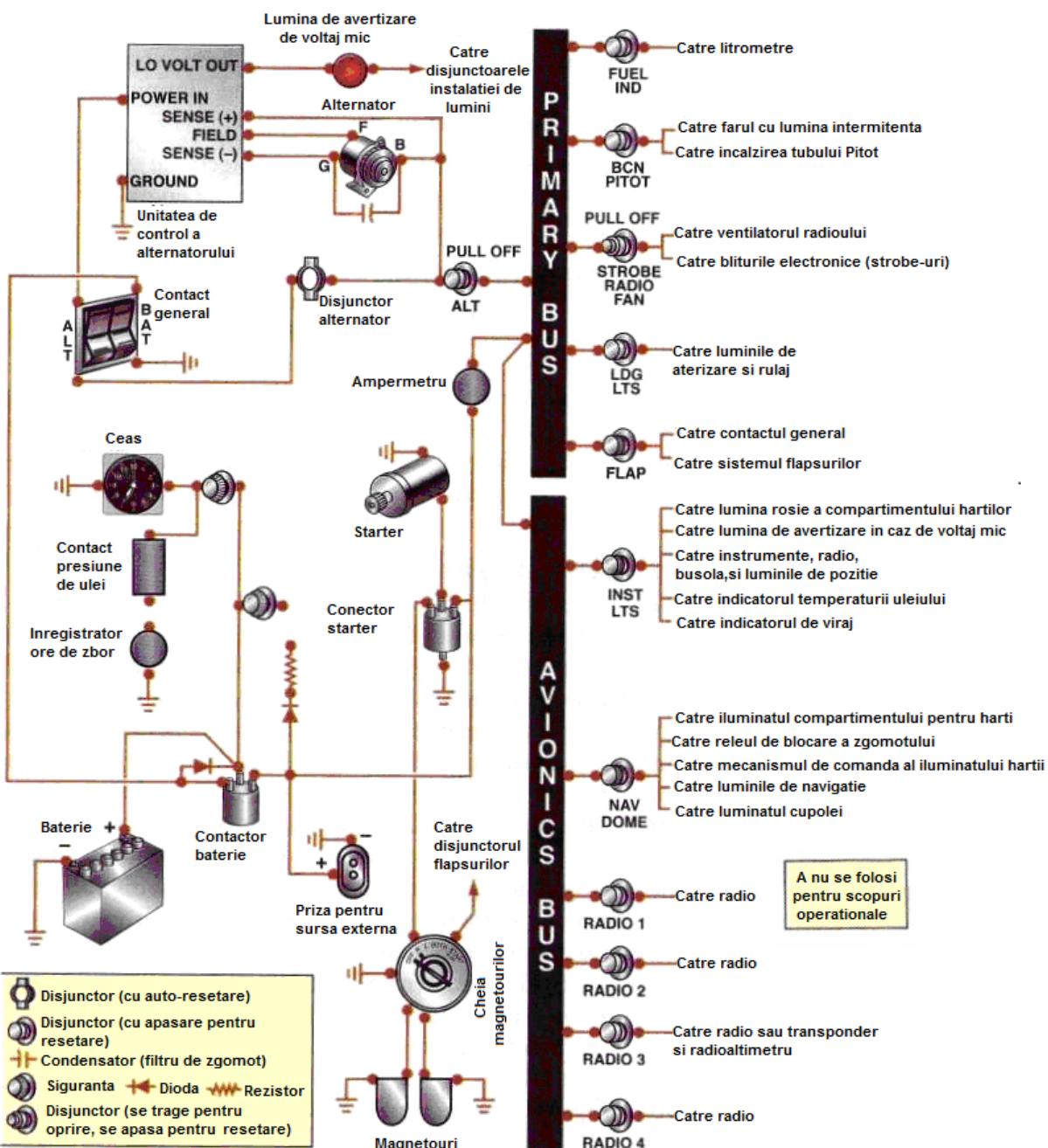


Fig. 3.10. Sistemul electric al unei aeronave

3.2. Sistemul de vacuum

Giroscopalele din instrumentele de zbor pot fi actionate electric sau printr-un flux de aer de mare viteza, direcionat catre cupele de pe perimetru rotorului. Sistemul de vacuum (care canalizeaza acest flux de aer de mare viteza in instrumentele giro si pe rotoarele giro, facindu-le sa se roteasca foarte repede) este explicat in cele ce urmeaza.

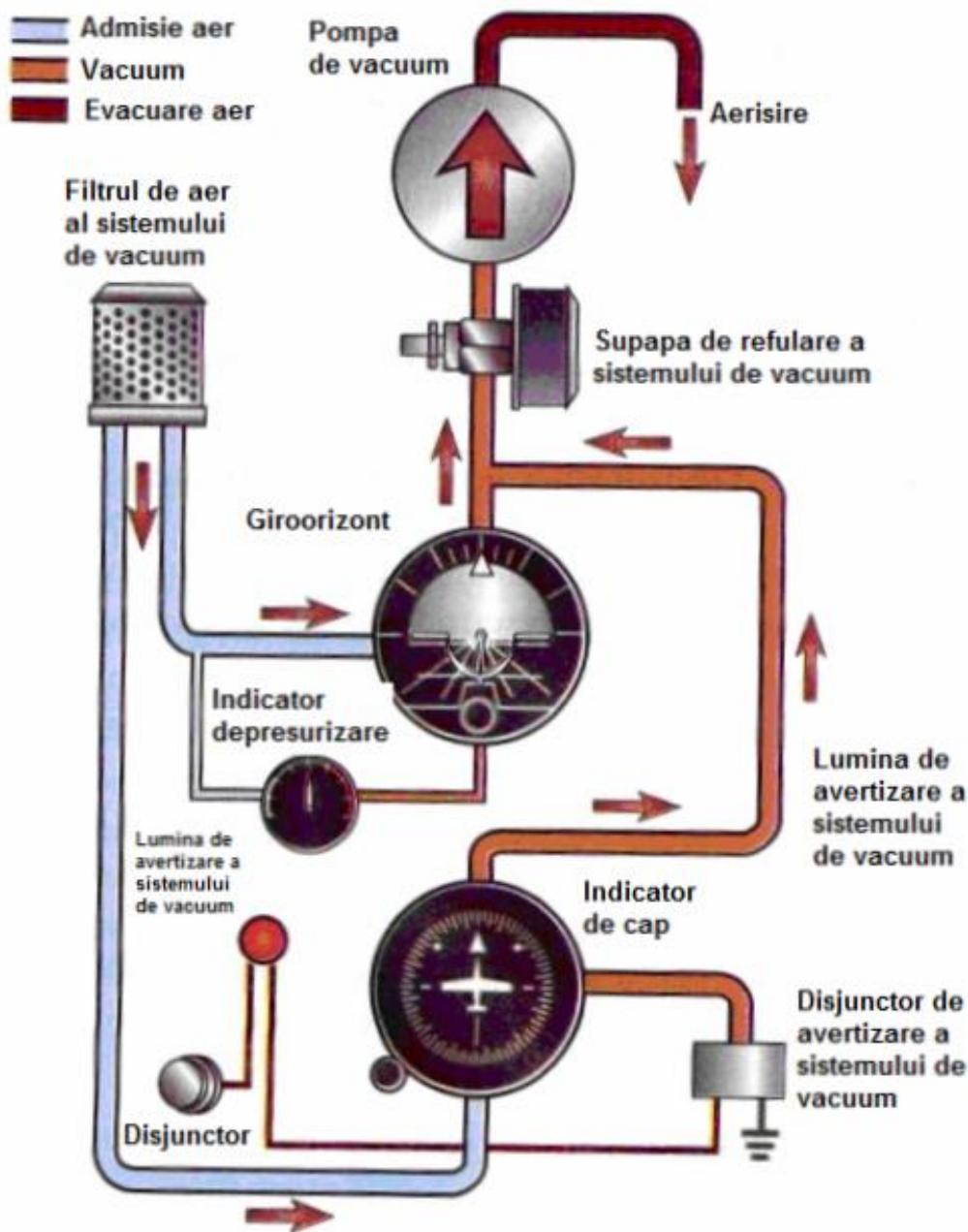


Fig. 3.11. Sistemul de vacuum

3.2.1. Pompa de evacuare

Majoritatea sistemelor de vacuum moderne folosesc o pompa de aspirație dirijată de motor. Aceasta evacuează aerul din carcasele instrumentelor determinate giroscopic, creând un "vacuum" (presiune scăzuta).

Absorbtia necesara este de 3 pana la 5 inci coloana de mercur (adica o presiune cu 3 pana la 5 inci de mercur mai scăzuta decat presiunea atmosferica), indicata in cabina intr-un calibră de absorbtie. Aerul filtrat este tras incontinuu la viteza mare printr-o duza direcționată la raccordurile giro, facand ca aceste giroscopii să se rotească la rpm ridicată, adesea peste 20.000 rpm. Aerul este absorbit incontinuu de pompa de absorbtie și eliberat în atmosferă.

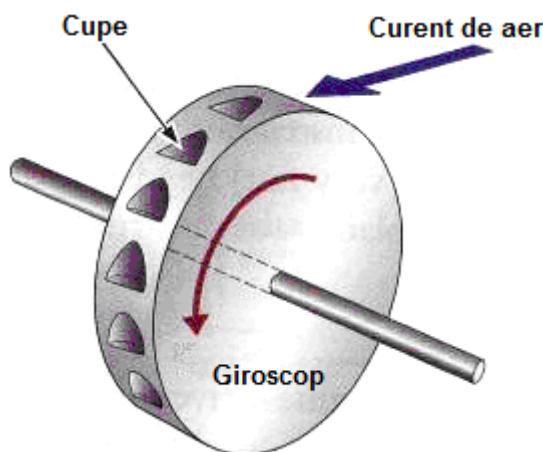


Fig. 3.12. Cupele giroscopului

Giroscopii de "carcasa"

Când aceste instrumente giro nu sunt folosite, ar trebui normal să fie puse în carcasa (dacă sunt furnizate) adică închise într-o poziție fixă. Acest lucru este de asemenea recomandat în Manualul de operare al aeronavei la unele avioane când se execută anumite manevre aviatice (girohorizontul trebuie blocat la zborurile acrobatiche).

3.2.2. Defectiuni ale sistemului de vacuum

Filtrul de aer blocat. Daca filtrul de aer se blocheaza, sau sistemul de vacuum se strica, curentul de aer redus poate permite giroscopelor sa scada rotatia treptat, si instrumentele care functioneaza cu aer vor indica incorect sau vor raspunde cu intarziere.

Insuficienta pompei de evacuare. Aceasta va fi indicata de o citire zero a indicatorului de absorbție. Cu putin noroc, giroscopapele pot avea suficiente viteza sa permita instrumentelor o citire corecta pentru un minut sau doua inainte ca aceste instrumente sa epuizeze energia.

Vacuum in exces. Daca presiunea de golire este prea mare, rotoarele giro se pot roti prea repede si pot suferi daune mecanice. Pentru a preveni acest lucru, o supapa de golire in sistem va admite aerul din atmosfera pentru a reduce absorbția excesiva.

Unele avioane (indeosebi cele mai vechi) au sistemul de vacuum operat printr-un tub venturi in afara ramei aerului. Cand aerul curge prin tub si viteza acestuia creste datorita formei tubului, presiunea statica scade (principiul lui Bernoulli). Acesta zona de presiune scazuta, daca este conectata cu carcasele instrumentelor giro, va face ca aerul sa fie tras printr-un filtru intern si sa roteasca giroscopapele, ca in sistemul condus de motor.

Inainte ca sistemul de vacuum generat de venturi sa poata lucra, trebuie sa existe un curent de aer adevarat prin tubul venturi. Acesta este creat in mod normal prin miscarea avionului prin aer, un curent de aer suficient este creat la vitezele de zbor. Pot exista cateva minute dupa decolare inainte ca giroscopapele sa se roteasca destul de repede astfel incat indiciile instrumentelor sa fie credibile.

Acesta este un dezavantaj semnificativ prin comparatie cu sistemul generat de motor. Alte dezavantaje sunt franarea crescuta generata de tubul venturi montat in exterior, si posibilitatea sa fie afectat de gheata (ca un carburator).

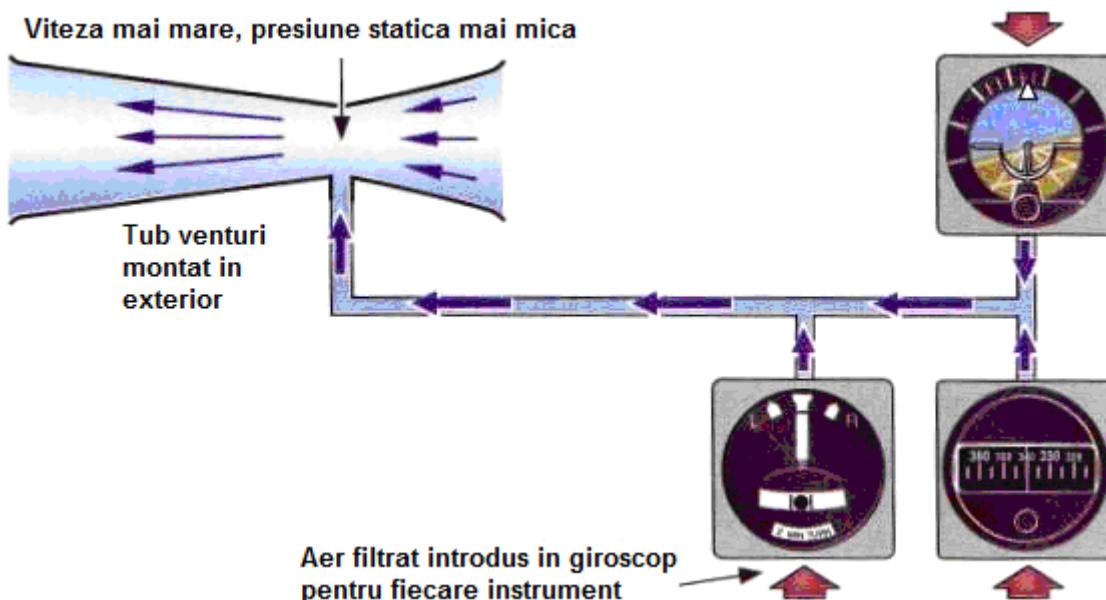


Fig. 3.13. Curentul de aer care trece printr-un tub venturi poate crea suctionsi si astfel sa alimenteze sistemul de vacuum



SPAȚIU LĂSAT INTENȚIONAT LIBER

4. Instrumentele aeronavei

4.1. Sistemul static Pitot

Instrumentele de zbor ale avionului fac parte din 4 categorii:

- instrumente de presiune – care folosesc variatii in presiunea aerului;
- instrumente giroscopice – ce utilizeaza proprietatile inertiei giroscopice;
- instrumente magnetice – ce folosesc campul magnetic al pamantului.
- instrumentele pentru monitorizarea grupului motopropulsor

Instrumentele principale de zbor ce informeaza pilotul despre viteza aerului (vitezometrul), altitudinea (altimetrul) si rata de schimb a altitudinii (variometrul) sunt instrumente de presiune.

Există două aspecte ale vitezei aerului ce trebuie luate în considerare – presiunea statică și cea dinamică.

4.1.1. Presiunea statică

La orice punct în atmosferă, presiunea statică este exercitată în mod egal în toate direcțiile. Este rezultatul greutății tuturor moleculelor ce compun aerul deasupra acelui punct, apasând în jos. Așa cum sugerează și numele sau, presiunea statică nu presupune miscarea relativă a aerului. Presiunea statică este măsurată pe suprafața unui avion cu ajutorul unei supape statice.

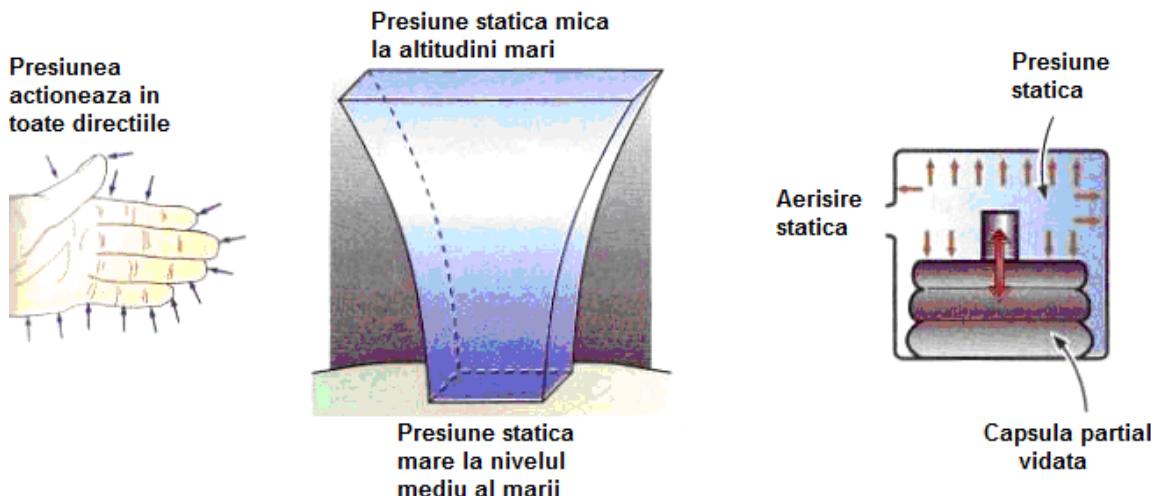


Fig. 4.1. Presiunea statică

4.1.2. Presiunea dinamica

Daca tineti mana dreapta contra vantului puternic sau in afara ferestrei aflanduva intr-o masina in miscare, atunci se simte o presiune in plus datorita vantului care loveste mana dumneavoasta. Aceasta presiune in plus se numeste presiune dinamica sau presiune datorata miscarii relative. Este simtita de corpul ce se misca in raport cu aerul, adica ar putea sa se miste prin aer sau aerul ar putea sa curga pe langa acesta.

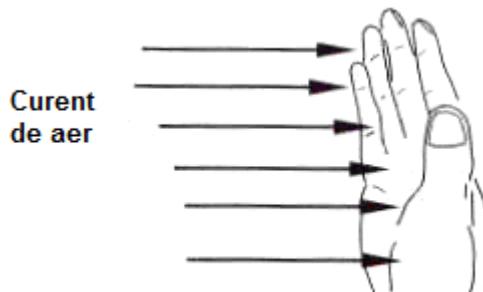


Fig. 4.2. Presiunea dinamica

Cat de puternica poate fi aceasta presiune dinamica depinde de doi factori:

- Viteza corpului in raport cu aerul. Cu cat masina circula mai repede sau cu cat vantul sufla mai tare, cu atat presiunea dinamica in plus pe care o simtiti pe mana este mai puternica. Acest lucru se intampla din cauza faptului ca mana este lovita de mai multe molecule de aer pe secunda
- Densitatea aerului. In cosmos, oricat de repede ati calatori, nu veti simti aceasta presiune dinamica pentru ca practic nu sunt molecule care sa loveasca.

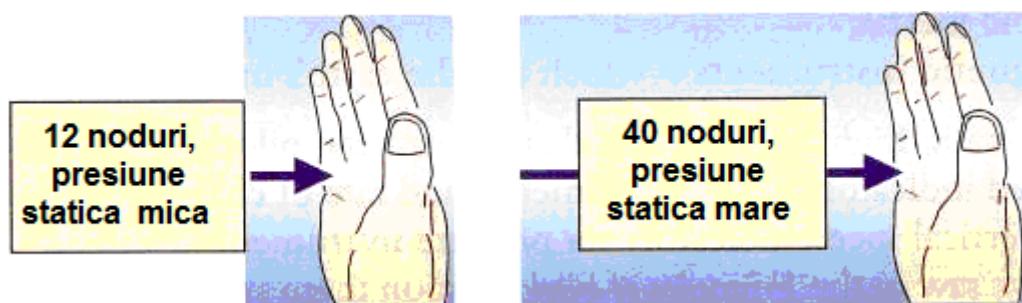


Fig. 4.3. Presiunea dinamica creste cu viteza

La nivelul marii, acolo unde atmosfera este cea mai densa, mana dumneavoastră ar fi lovită de multe molecule pe secundă, cu siguranță mult mai multe decat cele din zonele superioare ale atmosferei. Deci, chiar dacă ati călători cu aceeasi viteză veti simti o presiune dinamică mult mai joasă in regiunile mai inalte si mai putin dense ale atmosferei.

La altitudini mari, ati simti o presiune dinamică mai mică decat la altitudini mai joase, unde atmosfera este mai densă, chiar dacă vă deplasati prin aer cu aceeasi viteză. Măsura presiunii dinamice se scrie:

Formula presiunii dinamice este:

$$P_d = \frac{1}{2} \rho V^2, \text{ unde}$$

P_d – presiunea dinamica,

ρ - densitatea aerului, ce scade odată cu altitudinea,

V - viteza corpului in raport cu aerul

Nu contează dacă corpul se mișcă prin aer sau dacă aerul trece pe lângă corp, ori o combinație între amândouă – atâtă timp cat se mișcă proporțional una cu cealaltă va exista presiune dinamică).

Presiunea dinamică variază în mod direct cu V^2 .

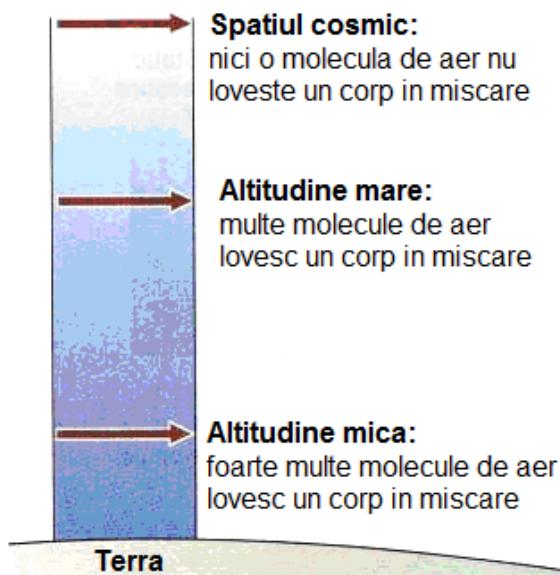


Fig. 4.4. Presiunea dinamica depinde de densitatea aerului

4.1.3. Presiunea totală

În atmosferă, intotdeauna este exercitată presiune statică, într-o anumită măsură, dar pentru ca presiunea dinamică să fie exercitată, trebuie să existe o mișcare a corpului în raport cu aerul. Presiunea totală este compusă din presiune statică plus presiune dinamică.

Notă: Presiunea totală se mai numește și presiune pitot, presiune ram sau presiune de impact.

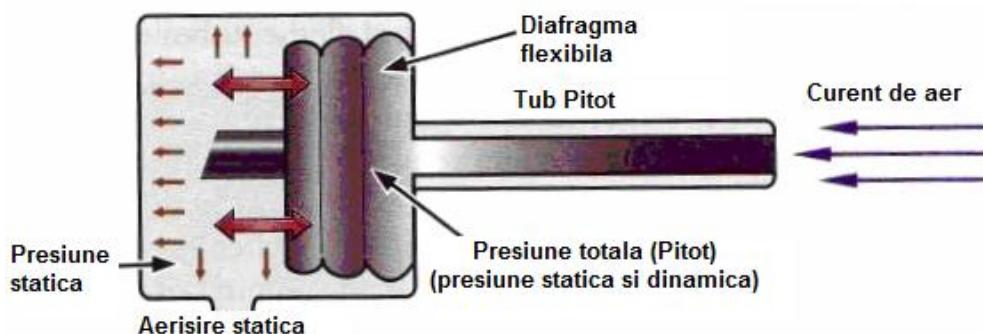


Fig. 4.5. Presiunea totală este măsurată de un tub Pitot

O mare parte din teoria fluxului aerului a fost analizată de către Daniel Bernoulli și este exprimată ca:

$$\text{presiunea statică} + \text{presiunea dinamică} = \text{presiunea totală}$$

măsurată de linia statică $\frac{1}{2} \rho V^2$ măsurată de tubul pitot (barometru/altimetru)

Extragerea presiunii statice din ambele părți:

presiunea dinamică = presiunea totală - presiunea statică

Notă: Vitezometrul, despre care vom discuta pe scurt, indică presiunea dinamică (de ex: diferența dintre presiunea totală și presiunea statică). Scara vitezometrului măsoară unități de viteză (noduri, kilometri/oră) mai degrabă decât unități de presiune.

4.1.4. Sistemul static pitot

Există trei instrumente de zbor care folosesc măsurarea presiuni:

- altimetrul relatează presiunea statică cu înălțimea;
- variometrul relatează rata schimbării presiunii statice cu o rată de urcare sau de coborare;
- vitezometrul indică diferența dintre presiunea totală (sau pitot) și presiunea statică în raport cu viteza prin aer.

Un tub pitot asigură măsurarea presiunii totale și o aerisire (vent) statică asigură măsurarea presiunii statice. Există două aranjamente obisnuite ale sistemului static – pitot:

- un cap static – pitot combinat;
- o priză de presiune totală (posibil pe aripă) și o aerisire statică (sau două) pe partea laterală a fuzelajului.

Tubul pitot trebuie montat pe avion într-o pozitie în care curgerea aerului nu este perturbată în mare măsură; deseori mai departe de sau sub secțiunea exterioară a unei aripi. Altfel, sistemul de indicare a vitezei aerului va suferi erori însemnate.

Instalațiile de încălzire a tubului pitot sunt prevăzute ca precauție împotriva givrajului. Acestea sunt elemente electrice construite în cadrul tubului pitot, manipulat de un interrupător în cabina. Este important ca o instalatie de încălzire pitot să fie închisă atunci când avionul nu zboară sau când ar putea rezulta defectiuni generate de supraincălzire.

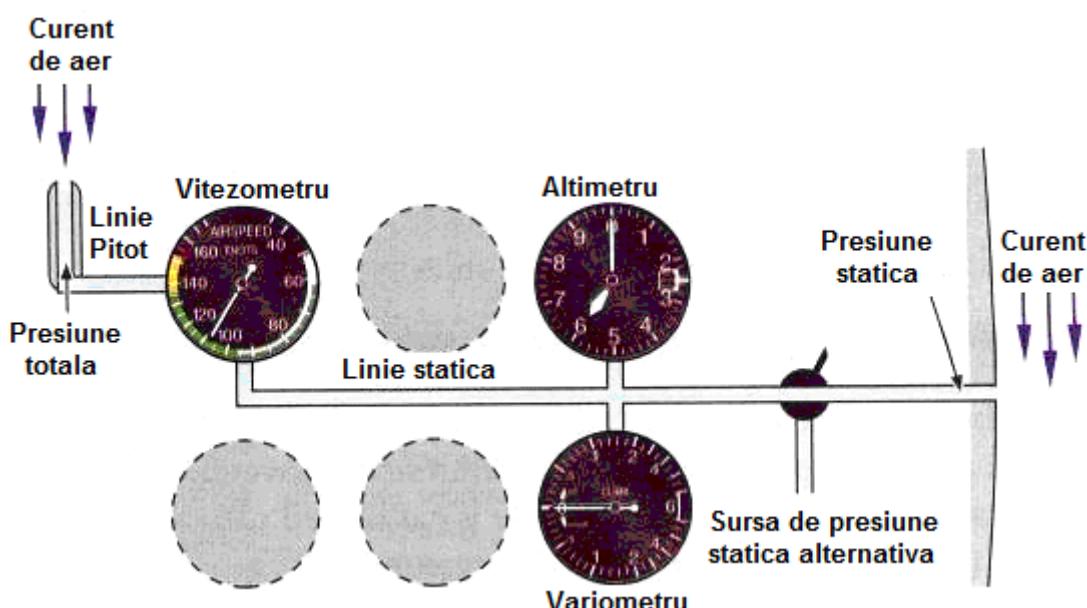


Fig. 4.6. Sistemul Pitot-static

Unele aparate de zbor au două aerisiri statice, cîte unul pe fiecare parte a fuselajului, pentru ca măsurarea presiunii statice să fie mai precisă, în special dacă avionul glisează (de ex., zborul nu este balansat, aeronava nu este echilibrată pe toate cele trei axe).

Există deseori o sursă statică alternativă, în cabina, în cazul apariției ghetii sau unei alte probleme ce ar bloca aerisirile externe. Presiunea cabinei este deseori usor mai mică decât presiunea atmosferică externă și va afecta indicațiile instrumentale, producând usoare erori atunci când sursa statică alternativă este folosită.

Este vital ca tubul pitot și aerisirea statică să nu se strice sau să nu fie obstructionate, altfel măsurările false făcute de instrumentele avionului ar putea perturba siguranța aparatului de zbor. Ele ar trebui verificate cu grijă în decursul inspectiei externe efectuate înainte de zbor. Husa tubului pitot, folosită să prevină acumularea apei sau a insectelor în tub ar trebui îndepărtată. Nu ar trebui testate suflându-se în ele, atât timp cat sunt implicate instrumente foarte sensibile.

4.2. Vitezometrul

Vitezometrul arată viteza aerului indicată (IAS). Este relaționată cu presiunea dinamică.

Se poate afla presiunea dinamică scazând linia statică a măsurării din captatia tubului pitot. Acest lucru se face cu usurință având o diafragma cu presiunea totală a tubului pitot, fiind mutată dintr-o parte în alta a acestuia.

Diafragma se va poziționa singura cu un indicator conectat la aceasta, conform diferenței dintre presiunea totală și presiunea statică – care este presiunea dinamică

$$\frac{1}{2} \rho V^2$$

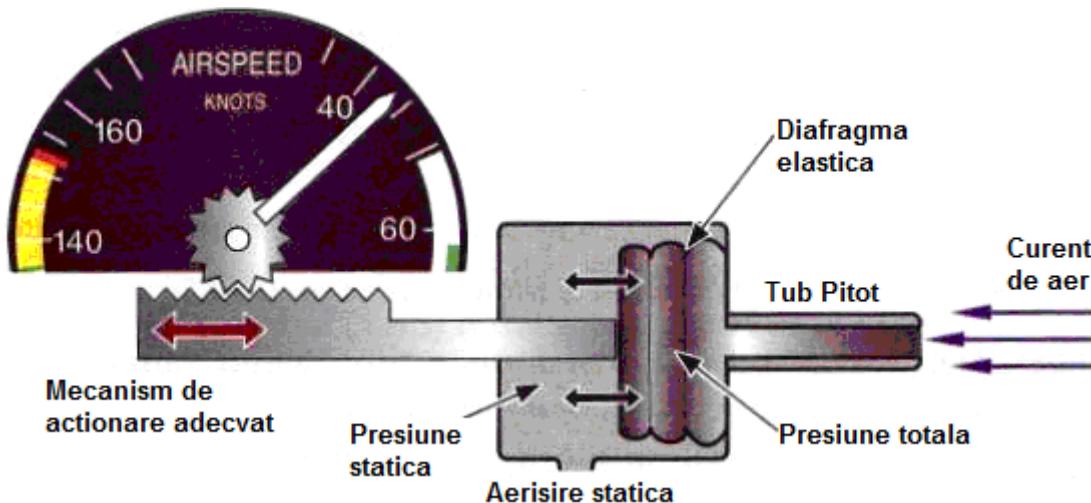


Fig. 4.7. Vitezometrul masoara presiunea dinamica

In practică, se presupune că densitatea aerului ramane constantă la valoarea nivelului mediu al apei, care desigur nu ramane la fel, dar acest lucru permite gradarea în unități de măsură (de obicei noduri) scara în jurul careia se mișcă indicatorul. Acest lucru oferă un vitezometru care măsoară cu precizie viteza aerului într-o zi obisnuită ISA la nivelul mediu al mării (MSL în Atmosfera Standard Internațională este de 15° Celsius, presiunea la altitudine este de 0 picioare).

Cu cat creste viteza aerului, cu atât creste și presiunea dinamică, dar presiunea statică ramane aceeași. Diferența dintre presiunea totală (măsurată de tubul pitot) și presiunea statică (măsurată de aerisirea statică sau linia statică) oferă o măsură de presiune dinamică (care are legătura cu viteza aerului). Această diferență dintre presiunea totală și cea statică determină diafragma să se repozitioneze și indicatorul să indice o viteză a aerului mai mare.

4.2.1. Codarea pe culori a vitezometrului

Pentru a asista pilotul, aeronavele moderne au anumite limite de viteza și viteză specifice marcate conform unui cod de culoare convențional.



Fig. 4.8. Marcarea în culori a vitezometrului

ARCUL VERDE: denota viteza de operare normală, de la viteza minima la o greutate maximă ce poate fi ridicată (flapsurile escamotate) până la V_{NO} (operarea normală sau viteza de croazieră structurală maximă) care nu ar trebui depasită decât în aer stabil. Operatiunile desfasurate la viteză indicate de arcul verde ar trebui să fie în siguranță în orice condiție, chiar și în cazul turbulentelor.

ARCUL GALBEN: denota limita de precauție care se extinde de la V_{NO} (viteză normală de operare) până la V_{NE} (viteză care nu trebuie depasită niciodată). Aparatul de zbor ar trebui operat la viteză în raza de precauție numai în aer stabil.

ARCUL ALB: denota raza de operare a flapsului care se extinde de la viteza minima la greutatea maximă ce poate fi ridicată în configurația de aterizare (flaps extins, tren de aterizare coborât) până la V_{FE} (viteză maximă de extindere a flapsului).

LINIA RADIALA ROȘIE: denota V_{NE} , viteza care nu trebuie depasită niciodată.

NOTA: toate însemnările vitezometrului se referă la viteza indicată (IAS) și nu viteza adevarată (TAS). Acolo unde greutatea este factorul de determinare a vitezei limite (de exemplu viteze minime) valoarea însemnată este pentru greutatea maximă de ridicare, situație întâlnită în toate cazurile.



4.2.2. Viteza indicata (IAS) si viteza adevarata (TAS sau V)

Faptul ca IAS si TAS sunt de obicei diferite, pare sa creeze probleme pilotilor neexperimentati, desi nu ar trebui. IAS este o viteza aerodinamica aflata in legatura cu presiunea dinamica – $\frac{1}{2} \rho V^2$.

Presiunea dinamica ($\frac{1}{2} \rho V^2$) reprezinta o cantitate aerodinamica vitala deoarece cantitatea de portanta produsa este o functie a presiunii dinamice:

$$\text{Portanta} = \text{Coef. Portanta} \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S$$

$$L = C_L \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S \quad (L = \text{Lift})$$

- valoarea rezistentei la inaintare a portantei produse este o functie a presiunii dinamice:

$$\text{Rezistenta la inaintare} = \text{Coef. de Rezistenta} \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S$$

$$D = C_D \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S \quad (D = \text{Drag})$$

Atunci cand se discuta despre performanta zborului unui avion – portanta, rezistenta la inaintare, viteza de croaziera, viteza de angajare, vitezele maxime, viteza de planare, viteza de decolare, etc. – se discuta in raport cu viteza indicata. IAS-ul reprezinta o informatie vitala pentru pilot, din moment ce calitatile aerodinamice ale avionului depind de aceasta.

TAS este viteza reala a avionului fata de fileurile de aer. TAS este importanta pentru navigatie. Din TAS se poate obtine viteza fata de sol, GS.

TAS depaseste, de obicei, IAS

Vom lua in considerare situatia in care avionul se afla in urcare: este indicata mentinerea aceliasi IAS pe timpul urcarii, mai exact, o valoare constanta a vitezometrului.

4.2.3. Sursa statica alternativa

Presiunea statica este vitala pentru functionarea vitezometrului, a altimetru si a variometrului. Multe aparate de zbor au o sursa alternativa de presiune statica in cazul in care sursa primara nu ofera presiunea statica corecta din orice motiv.

Sursa statica alternativa (intr-un aparat de zbor nepresurizat) este deseori presiunea statica din cabina (usor mai mica decat cea de afara). Atunci instrumentele vor indica usoare erori:

- a) altimetrul va indica o altitudine mai mare decat cea reala;
- b) vitezometrul va indica un IAS mai mare decat cel real deoarece diferența dintre presiunea totala si presiunea statica va fi mai mare decat cea reala;
- c) variometrul va indica initial o urcare cand va fi conectat in primul rand la sursa statica alternativa, dar se va reegală apoi si va indica in mod corect.

4.3. Altimetrul

Altimetrul este un instrument cu care se masoara altitudinea (inaltimea) fata de un nivel de referinta (nu neaparat nivelul marii), aflat la bordul planoarelor, avioanelor (aparatelor de zbor). El indica inaltimea de zbor fata de nivelul de referinta si se bazeaza pe principiul descresterii presiunii atmosferice, in raport cu inaltimea. De fapt el este un barometru, cu indicatii in unitati de inaltime.

Utilizarea in planorism si aviatie a barometrului cu mercur este practic imposibila, din cauza variatiilor relativ bruste de viteza si inaltime si de aceea este inlocuit cu o capsula metalica vidata, confectionata din tabla foarte subtire. Peretii capsulei fiind foarte elastici, sub actiunea presiunii atmosferice se deformeaza. Deformatia,

proportionala cu variația presiunii exterioare, printr-un sistem de transmisie, este condusă la un ac indicator, care se mișcă în fața unui cadran gradat în unități de înălțime.



Fig. 4.9. Altimetru IAR 46 S, IS 28 B2



Fig. 4.10. Altimetru Ikarus C 42



Fig. 4.11. Altimetru

In cazul urcării planorului (avionului), presiunea atmosferică scade, peretii elasticii ai capsulei întâlnesc o rezistență mai mică, deci capsula se dilată, punând în mișcare mecanismul de transmisie care, la rândul lui, imprime acului indicator o mișcare proporțională cu valoarea deformației. Pe cadranul aparatului sunt indicate atât unități de presiune, cât și valoarea înăltimilor corespunzătoare.

Intrucât altimetru ar indica înălțimea fata de nivelul marii, este prevăzut cu un buton de "calaj" (reglare sau aducere la zero), al cărui rol este de a permite corectarea erorilor datorate variației presiunii atmosferice la sol, astfel ca aparatul să indice întotdeauna, înălțimea fata de aerodromul de plecare. Aceasta operatie poartă denumirea de "calaj altimetric".

4.4. Variometrul

Variometrul este un instrument pentru controlul zborului, care indica, pe baza diferenței de presiune, viteza verticală de urcare (viteza ascensională) sau cea de coborare a unei aeronave. Viteza se măsoara în metri pe secundă (m/s) sau în picioare pe minut (fpm).

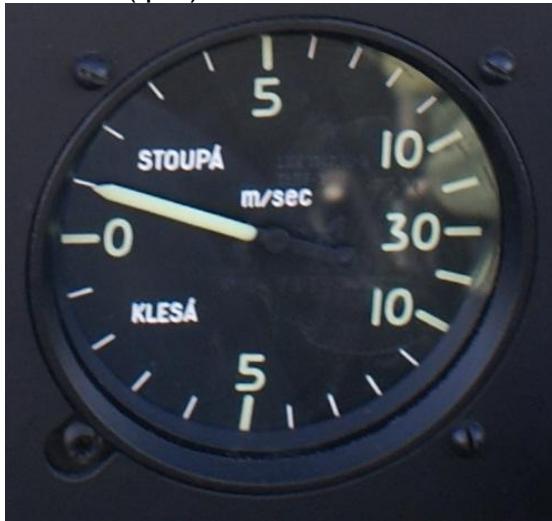


Fig. 4.12. Variometru IAR 46 S



Fig. 4.13. Variometru Ikarus C 42,
Aerostar Festival

Din punct de vedere constructiv se aseamana cu altimetru. Partea principală a instrumentului o constituie tot o capsula metalică, care comunica cu un termos. Pe tubul de legătură există un orificiu capilar (tub capilar), prin care ansamblul capsula-termos comunica cu exteriorul. Asupra peretilor capsulei actionează presiunea statică a aerului atmosferic. În poziție de repaus, presiunea din interiorul capsulei va fi egală cu presiunea statică din exterior, datorită tubului capilar. Acul indicator al aparatului se va afla în dreptul valorii zero. Dacă schimbăm poziția aparatului, mutându-l la o înălțime mai mare, presiunea din exteriorul capsulei va scădea, ceea ce va determina dilatarea capsulei și urma careia acul indicator al aparatului va indica urcarea. Prin tubul capilar, diferența de presiune va tende să se egaleze, astfel, odată cu oprirea urcării, acul indicator va reveni la zero.



Fig. 4.14. Variometrul mare IS 28 B2



Fig. 4.15. Variometru de energie totală
(VET) IS 28 B2

0. ed.1/ianuarie 2015

In consecinta, variometrul se bazeaza pe principiul egalarii incetinitate a diferentelor de presiune. Prin tubul capilar, egalarea presiunilor din interiorul si exteriorul capsulei se produce cu o viteza relativ constanta, deci cu cat planorul sau avionul va cobori sau va urca cu o viteza mai mare, diferența de presiune va fi mai mare, deci, si valoarea indicata de aparat va fi mai mare. In timpul urcarii, aparatul va indica valori pozitive, iar in timpul coborarii valori negative, in metri pe secunda (m/s). Variometrele moderne mai ales cele folosite in planorism sunt prevazute si cu un sistem sonor de avertizare a urcarii sau coborarii.

4.5. Giroscopul

4.5.1. Instrumentele giroscopice

Un giroscop este un disc suspendat ce se invarte, in asa fel incat axa acestuia se poate roti singura intr-o sau mai multe directii.

O masa rotativa este capabila sa mentina aceeasi directie absoluta in spatiu in ciuda celor ce se intampla in jurul acesteia – aceasta proprietate se numeste *rigiditate in spatiu*.

Astfel, giroscopul este folosit ca indicator pentru directie si atitudine. Datorita proprietatii de "rigiditate in spatiu", giroscopul este capabil sa ramana stabil in spatiu in timp ce avionul se misca in jurul acestuia.

Gradul de rigiditate al unui giroscop depinde de masa rotorului, viteza la care se roteste si raza la care masa este concentrata; rotindu-se cu viteza mare asigura cea mai mare rigiditate directionala.

Un giroscop are o a doua proprietate numita *precession (precesie)*. Daca o forta este aplicata giroscopului, schimbarea in directie adusa de forta nu este in linie cu forta, ci este deplasata cu 90° mai departe in directia rotatiei.

Daca un giroscop se roteste mai incet decat ar trebui, atunci rigiditatea sa in spatiu va fi mai mica si forta de precesie mai slaba, determinandu-l sa indice mai putin – de ex. rpm – scazut => indicare scazuta.

4.5.2. Efectul giroscopic

Efectul giroscopic este obisnuit la obiectele intalnite zilnic (il folositi de fiecare data cand va aplecati bicicleta pentru a vira), dar greu de intelese.

Cu motorul oprit, miscările bruste ale avionului in stanga sau in dreapta nu au efect vertical.

Cu motorul pornit masa rotativa se comporta ca un giroscop:

- a) o miscare rotativa orizontala spre dreapta a botului il determina pe acesta sa coboare in plan vertical;
- b) o miscare brusca orizontala spre stanga a botului il determina pe acesta sa se ridice in plan vertical.

In aparatul de zbor, giroscopul este folosit in cadrul indicatorului de viraj si glisada, giroorizontului si girodirectionalului. Există moduri diferite de a ridica un giroscop pe una sau mai multe axe de rotire, depinzand de informatia ceruta de instrumentul giroscopic.



4.5.3. Girosclope conduse prin vacuum

Multe girosclope sunt operate printr-un sistem de vacuum ce capteaza aer la o viteza foarte mare printr-o duza si o directioneaza spre cupele giroscopului. O pompa ce capteaza aerul este de preferat fata de o pompa de presiune ce sufla aer, atata timp cat aerul poate fi contaminat cu ulei de la pompa ce ar putea afecta rotorul sensibil.

Vacuumul este indicat in cabina si este de obicei de ordinul a 3" pana la 5" Hg (5 cm de mercur sub presiunea atmosferica). Daca indicatia vacuumului este prea joasă, curgerea aerului va fi scazuta, rotorul nu va face fata vitezei si giroscopul va fi instabil sau va raspunde incet; daca este prea mare, giroscopul se poate invarti prea repede si se pot strica.

Vacuumul, la majoritatea avioanelor, este asigurat de pompa de aspirare condusa de motor, dar unele avioane mai vechi pot avea aspirarea asigurata de un tub de ventilare extern (facand ca instrumentele giroscopice sa nu poata fi folosite decat dupa cateva minute la viteza de zbor de dupa decolare).

4.5.4. Girosclope conduse electric

Atunci cand contactul general este cuplat, probabil veti auzi girosclopele rotinduse. Instrumentele giroscopice ar trebui sa rectioneze singure si steagurile rosii de avertizare a scaderii puterii (daca este posibil) ar trebui sa dispara.

Daca motorul se opreste la sol si intrerupatorul principal este lasat in functiune, aceste instrumente se vor alimenta de la baterie, iar aceasta ar putea sa nu mai functioneze. Nu este o situatie de dorit, asa ca asigurati-vă ca nu circula putere prin girosclopele conduse electric la parasirea avionului pentru orice durata de timp.

4.6. Indicatorul de viraj si glisada

Indicatorul de viraj si glisada si indicatorul de viraj folosesc girosclope. Masa rotativă are o libertate de miscare la doua dintre cele trei axe ale acestuia si este facut sa arate rata de miscare a apparatului de zbor pe cea de-a treia axa (in acest caz, intoarcerea sau axa normala). Aceasta rata de miscare este indicata in cabina intr-una din doua prezentari – fie de un indicator de viraj (care are un ac vertical) sau un coordonator de viraj (care are un avion macheta).

Ambele instrumente indica rata apparatului de zbor dar nu si unghiul de inclinare. Totusi, datorita faptului ca giroscopul din coordonatorul de viraj este ridicat usor diferit fata de cel din indicatorul de viraj, coordonatorul de intoarcere va arata, de asemenea rata inclinare sau rata de rotire. Acesta va raspunde atunci cand un avion se inclina, chiar inainte sa inceapa intoarcerea. De asemenea, trebuie luat in considerare ca avionul simbolic de pe coordonatorul de intoarcere (chiar daca acesta se aseamana unui de pe indicatorul de atitudine) nu ofera informatie asupra tangajului.

4.6.1. Indicatorul de viraj

Daca avionul se roteste spre stanga, aceasta forta de intoarcere este data mai departe giroscopului, axa de rotire a indicatorului de viraj fiind orizontala. Forta aplicata face ca giroscopul sa isi schimbe directia cu 90° in directia de rotire, de ex. va determina giroscopul sa se incline. Cu cat forta de intoarcere este mai mare, cu atat mai mare este tendinta de inclinare. Adica, indicatorul de viraj isi modifica informatia de viraj de la precesia unui giroscop care are axa de rotire orizontala. Axa unui coordonator de viraj, este inclinata usor fata de orizontala (aproximativ 30°), ceea ce asigura o reactie nu numai la intoarcere dar si la rata de inclinare.

Aceasta inclinare a giroscopului intinde un arc, care determină miscarea de precesie a giroscopului odată cu virajul aparatului de zbor până când ratele se potrivesc și atunci inclinarea cedează. Un indicator actionat de inclinarea giroscopică indică rata de întoarcere față de scara – un indicator de întoarcere.

Scara este gradată astfel încât să arate o rata de o viraj (3^0 pe secundă, și deci 180^0 în 2 minute), o a doua rata de viraj (6^0 pe secundă) și însă mai departe. Aceasta este o modalitate de verificare a preciziei indicatorului de întoarcere – cronometrați timpul unui viraj usor de 90^0 sau 180^0 și vedeti dacă numărul de grade pe secundă se potrivesc cu indicatorul de întoarcere.

Giroscopul poate fi rotit electric de un jet mic de aer direcionat către cupolele mici tăiate pe perimetru giroscopului.

În cazul de mai sus ar trebui verificat că sistemul de aspirare să asigure aer suficient (un vacuum de 2.5 cm col. de mercur este de obicei adecvată), altfel rotația giroscopului va fi scăzută, rigiditatea acestuia în spațiu va fi mai mică decât cea dorită, cauzând o mișcare mai lentă a acelui indicator pentru că o anumită întoarcere să aibă loc. Cu un vacuum mai mic – indicatorul de viraj indică mai puțin (de ex. rata de viraj va fi mai mare decât rata indicată).

4.6.2. Indicatorul de glisada

Un cilindru mic din sticlă continând o bilă poate fi folosit la indicarea echilibrului avionului. Dacă nu există nici un impuls puternic, bilă se va afla în punctul cel mai de jos al poziției centrale. Dacă există o forță mare destabilizatoare, bilă va fi condusă într-o parte, cu cat este mai mare impulsul, cu atât mai mare va fi mișcarea bilei în cilindrul de sticlă.

Intr-un viraj echilibrat, bilă va ramane în continuare în poziția centrală și nu va vă simți aruncată într-o parte.

Dacă aparatul de zbor *glisează* în timpul virajului, bilă se va afla pe partea mai joasă și vă simți că și cum ati cădea în direcția virajului. Folosirea direcției pe partea mai joasă va poziționa bilă înapoi în centru și vă simți confortabil în scaun, “Bilă spre stânga, folosiți palonier stânga”.

Dacă aparatul de zbor *derapează* în viraj, bilă și dumnevoastră vă aruncați în afara virajului. Palonier folosit pe partea înaltă va balansa întoarcerea.

Indicatorul de viraj nu este un instrument giroscopic, ci doar un indicator mecanic de viraj gasit în majoritatea avioanelor.

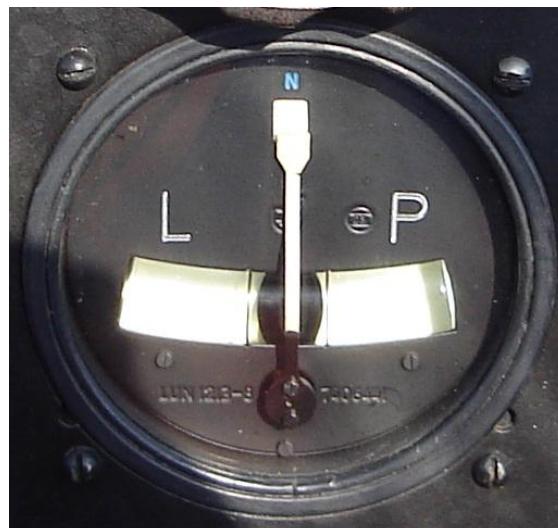


Fig. 4.16. Indicator de viraj și glisada Zlin 526F

Folosirea corecta a instrumentelor combinate duce la inclinarea avionului pentru a obtine unghiul si rata virajului dorite, iar apoi duce la echilibrarea virajului cu ajutorul directiei astfel incat bila sa fie in centru.

Daca bila se afla in stanga, folositi palonier stanga – daca bila se afla in dreapta, folositi palonier dreapta.

4.7. Giroorizontul

In timp ce aparatul de zbor isi schimbă atitudinea, *giroscopul pamant*, care este baza indicatorului de atitudine, retine rigiditatea relativă cu verticalitatea pamantului. Acest lucru inseamna ca avionul se miscă in jurul rotorului giroscopului, a indicatorului de atitudine care are o axa de rotire verticala.

Langa giroscop se afla o imagine a orizontului, in jurul careia se misca avionul (si panoul de instrumente). Atitudinea avionului fată de orizontul real este simbolizata de linia artificiala a orizontului de langa giroscop si un avion macheta atasat de ecranul instrumentului.

Giroorizontul arată atitudinea de tangaj si unghiul de viraj (rotire). Aceasta arata imaginea atitudinii avionului, dar nu arată si performanta acestuia. Aceeasi atitudine ar putea aparea in cazul unei urcari abrupte sau in cazul unei coborari lente – pentru a cunoaste performanta avionului, trebuie sa va referiti la alte instrumente (vitezometrul, altimetru, variometrul).

Trebuie verificata sursa de putere a giroorizontului (indiferent dacă este electric, cu vacuum – in jur de 4.5" Hg). Anumite aparate, in special cele actionate prin vacuum, au limite de miscare pe axa de tangaj si de viraj, care, daca sunt depasite, pot face ca giroscopul sa cada si sa indice gresit (manualul de operare a aeronavei poate contine aceasta informatie). Din acest motiv exista si un dispozitiv de blocare a aparatului pentru anumite operatiuni (de ex. manevre acrobatice).



Fig. 4.17. Giroorizont IAR 46 S



Fig. 4.18. Giroorizont Zlin 526 F

Anumite giroscope sunt inchise atunci cand nu sunt folosite. Daca acestea sunt inchise, atunci ar trebui scoase in momentul cand avionul este plasat pe o suprafata plana si cand giroscopul se află in viteza. Acest lucru ar trebui facut la scurt timp inainte de decolare sau in timpul zborului orizontal si la o viteza mica. De asemenea, un model mic de avion sau avionul index ar trebui aliniat cu orizontul artificial de pe instrument atunci cand giroscopul se afla in viteza si avionul este drept si nivelat (in zbor sau la sol).



Indicatorul de atitudine este subiectul unor mici erori atunci cand aparatul de zbor accelerează sau incetineste. Acest lucru afecteaza unitatea de gravitatie folosita pentru a mentine axa de rotire verticala. Acceleratia, cea de la decolare, poate cauza o eroare mica de tranzit in miscarea de tangaj si glisada, dar acest lucru este greu vizibil la aparatele de zbor pentru instruire care au acceleratie mica.

4.8. Girodirectionalul

Compasul magnetic este indicatorul primar de directie la majoritatea aparatelor de zbor. Este un instrument dificil de pilotat cu precizie fiind supus turbulentelor, servind ca subiect acceleratiilor gravitationale si al erorilor de viraj.

Indicatorul de directie (DI) este un giroscop care este aliniat periodic cu compasul magnetic in timpul zborului. Acesta are ca referinta directia de la compasul magnetic dar nu este subiect al acceleratiilor gravitationale si al erorilor din viraj (facand posibile viraje precise si pastrarea directiei) si este usor de citit in timpul turbulentelor. Indicatorul de directie este de asemenea cunoscut si sub numele de indicator de directionare (HI) sau giro de directionare (DG).

Există erori mecanice in cadrul girodirectionalului (frecare) ce il determină să se deplaseze de la indicatia precisa. Acestea se numesc abateri si trebuie corectate periodic (se recomanda verificarea si corectarea abaterii la fiecare 15 minute).

Rotorul girodirectionalului "perfect" va mentine precisa linia in spatiu. Totusi, datorita miscarii avionului prin spatiu, linia in spatiu de la avion la nord se va schimba usor. Acest lucru marestă miscarea aparentă – un fenomen natural cauzat, nu de schimbari in giroscopul avionului si a rotatiei datorita imperfectiunilor mecanice, ci de miscarea pamantului in spatiu si miscarea aparatului de zbor in raport cu pamantul.

4.8.1. Verificarea functionarii girodirectionalului

In primul rand trebuie verificata sursa de putere (sistemul electric sau sistemul de vacuum, depinde de tip), si atunci cand avionul se afla la sol, indicatorii de rotire corecta de pe DI („rotire spre dreapta, directionarea creste – rotire spre stanga, directionarea descreste”).

Girodirectionalul are un buton ce permite alinierea lui cu compasul magnetic – corectand miscarea mecanica si pe cea aparenta. Acest lucru trebuie repetat la fiecare 10 sau 15 minute – fiind acceptata o abatere de 3° in acest timp.

4.8.2. Erori ale instrumentelor giroscopice

Daca giroscopul nu are turatia suficienta, instrumentul poate indica eronat sau poate raspunde incet la schimbari de directie.

Trebuie verificat steagul rosu de oprire a motorului (aflat pe panoul cu instrumentele electrice) si vacuumul din sistemul instrumentelor giroscopice.

De asemenea, trebuie verificat daca girodirectionalul este aliniat cu compasul magnetic pe parcursul zborului orizontal si daca giroorizontul a fost deblocat (in cazul in care are un sistem de blocare) in timpul zborului orizontal.

4.9. Busola magnetica

Busola magnetica este un instrument prezent la bordul tuturor aeronavelor, de la cea mai simpla aeronava usoara pana la cel mai complex avion de linie.

La majoritatea aeronavelor usoare, busola este sursa principală de informare asupra directiei, iar ceilalți indicatori (de multe ori, giroscopici) ai capului sunt aliniati în funcție de indicația busolei.



Fig. 4.19. Busola Ikarus C 42



Fig. 4.20. Busola IAR 46 S

Compasul magnetic este un instrument folosit pentru a indica direcția în funcție de polii magnetici ai Pamantului. Din punct de vedere constructiv, la baza busolei se află un magnet, care tot timpul va indica polii Nord și Sud Magnetici ai Pamantului. În timp ce aeronava își schimbă direcția, compasul magnetic ramane aliniat la cele două poli magnetici. Datorită acestei proprietăți, este posibilă indicarea direcției magnetice a aeronavei.

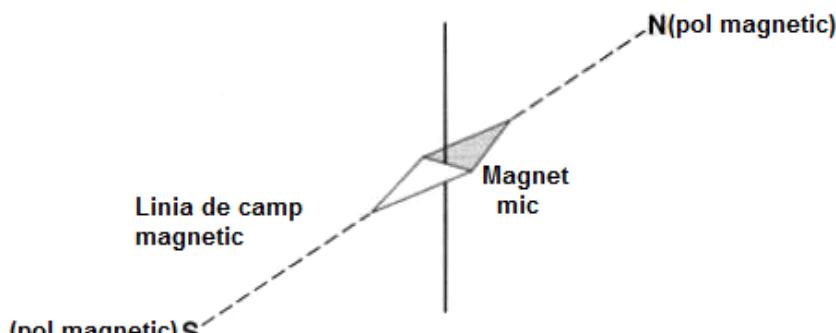


Fig. 4.21. Alinierea acului magnetic la liniile de camp magnetic

Rolul unei busole la bordul aeronavei este de a indica direcția către care se indreapta aeronava (capul). Influentele magnetice, ca cele produse de componente din fier sau otel, echipamente electrice, determină anumite distorsiuni ce afectează indicația compasului magnetic.

4.9.1. Directia

Exista doua modalitati clasice de descriere a directiei – folosind punctele cardinale sau folosind cele 360° ale unui cerc, in sensul acelor de ceasornic, pornind din Nord (adevarat sau magnetic, in functie de caz).

Aproape intotdeauna, directia este compusa din trei cifre. Singura exceptie este directia pistei, unde numerele sunt rotunjite catre 10° .

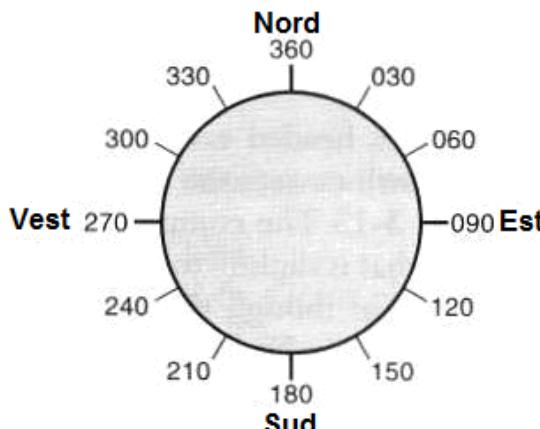


Fig. 4.22. Punctele cardinale si gradele magnetice

Pentru a obtine o informatie precisa de la busola magnetica asupra directiei aeronavei, trebuie avute in vedere "capriciile busolei" – inexactitatatile sale atunci cand aeronava isi schimba directia sau viteza. Un ac magnetic suspendat si avand miscare libera se va balansa in asa fel incat axa sa va indica directia aproximativa Nord-Sud.

4.9.2. Campul magnetic al Pamantului-magnetismul terestru

Pamantul se comporta precum un magnet de slaba intensitate. Suprafata sa este acoperita de un camp magnetic slab – linii de forta magnetica care incep adanc in interiorul pamantului langa Golful Hudson in Canada si se intind catre un alt punct adanc din interiorul pamantului langa South Victoria in Antarctica. Datorita proximitatii cu Nordul si Sudul geografic, polii magnetici sunt cunoscuti ca polul Nord magnetic si polul Sud magnetic.

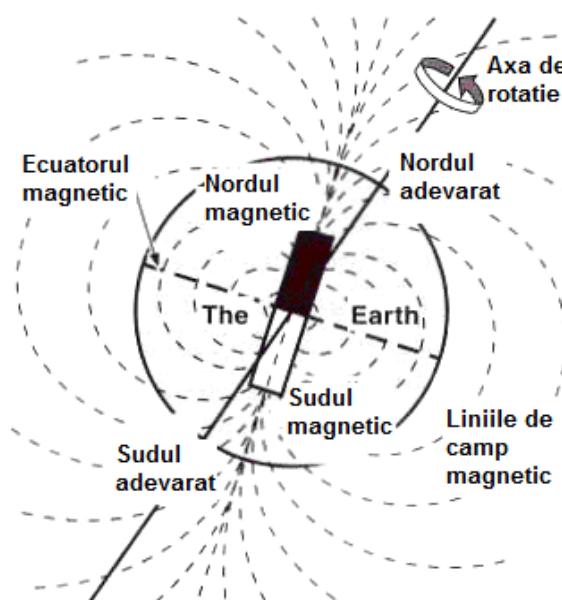


Fig. 4.23. Liniile de camp magnetic

Graficul de latitudine-longitudine prezent în harti se bazează pe polii geografici, aflați la fiecare extremitate a axei de rotație, asadar **meridianele de longitudine** indică în raport cu Nordul și Sudul adevarat, iar **paralele de latitudine** indică în raport cu Estul și Vestul adevarat.

Diferența unghiulară dintre nordul adevarat și nordul magnetic în orice moment pe glob se numește **declinatie magnetica** în punctul acela. Declinatia în orice punct de pe glob se măsoară de la Nordul adevarat la Nordul magnetic. Dacă magnetul de pe busola indică spre Est față de Nordul adevarat, atunci deviația este pozitivă; respectiv, dacă magnetul indică spre Vest față de Nordul adevarat, deviația este negativă.

Nota: deoarece polii magnetici ai Pamantului nu sunt stationari, declinatia se schimba in timp.

In afara de liniile care formează graficele formate din latitudine și longitudine, hărțile mai au și linii care unează locuri care au aceeași declinatie magnetica. Aceste linii se numesc **izogone**.

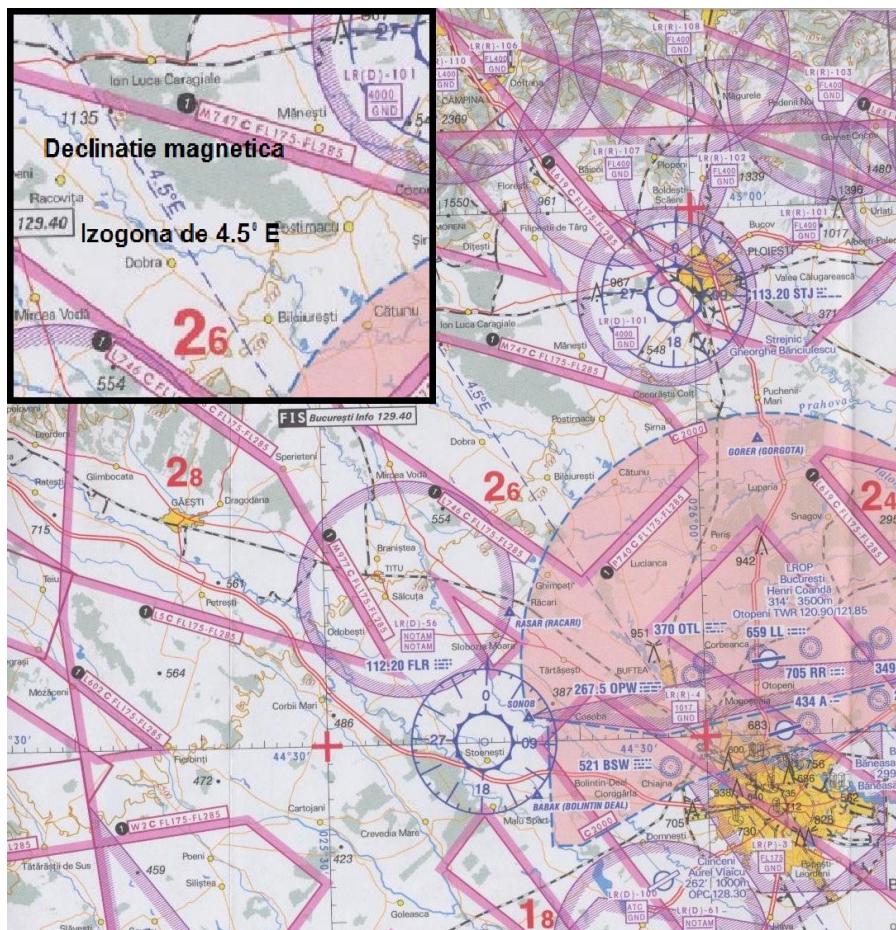


Fig. 4.24. Izogona reprezentată pe harta VFR-ICAO (LR-2), scara 1:500.000, editia 1, aprilie 2008

Exemple:

- 1) Dacă busola indică exact Est, mai exact 090° magnetice, și declinatia magnetica în zona în care se află aeronava este $4^\circ E$, capul adevarat raportat la Nordul magnetic este: $090^\circ + 4^\circ = 094^\circ$ adevarate.
- 2) Dacă declinatia magnetica în zona este 10° Vest și avionul are cap 295° pe busola magnetica, capul adevarat: $295^\circ - 10^\circ = 285^\circ$ adevarate.

4.9.3. Deviatia compas

Magnetul din busola magnetica nu este afectat numai de campul magnetic al Pamantului, ci si de orice camp magnetic aflat in vecinata, cum ar fi campurile magnetice care inconjoara structura de metal a aeronavei, partile in miscare ale motorului, radiouri, etc. Efectul acestor campuri magnetice aditionale intr-o anumita aeronava este devierea busolei de la indicarea precisa a Nordului magnetic. Acest efect se numeste **deviatie compas**.

Deviatia calculata este eliminata cat mai mult posibil prin ajustari ale compasului in intregul sau (prin suruburile de ajustare). Deviatia reziduala ramasa este apoi inregistrata pe un card de compensare busola, plasat in apropierea busolei.



Fig. 4.25. Busola Aerostar Festival si cardul de compensare a busolei

4.9.4. Modalitatea de functionare a busolei din aeronava

Avioanele moderne au o busola cu afisare directa, de obicei avand in interior un lichid in care se afla o pluta rotunda care pivoteaza in jurul unui ax si pe care se afla un magnet. Lichidul sustine o parte din greutate, scade nivelul de frecare pe ax, si, cel mai important, diminueaza oscilatiile magnetului si ale plutei in timpul zborului. Acest lucru permite o indicatie mai constanta si mai usor de citit.

Langa acest ansamblu format din ax si pluta se afla fisa de deviatie, gradata. Este de retinut faptul ca avionul este cel care vireaza in jurul magnetului din interiorul busolei. In situatia ideală, busola magnetica indica exact Nordul si Sudul (magnetice) permanent. Pe masura ce avionul isi schimba directia, busola magnetica nu ar trebui sa o faca.

4.9.5. Verificari ale sistemelor

Inainte de zbor se verifica daca busola este instalata corespunzator si poate fi citita cu usurinta. Lichidul in care magnetul este suspendat nu ar trebui sa contine bule si nu ar trebui sa fie decolorat. Geamul nu trebuie sa fie spart sau crapat si ar trebui sa fie securizat.

Se verifica pozitia fisei de deviatie a compasului.

Se verifica daca indicatia compasului este aproximativ corecta. Pistele sunt denumite in functie de directia lor magnetica (mai exact, pista care indica 243° magnetice se numeste Pista 24), asadar pe directia pistei, busola ar trebui sa indice acest lucru, cel putin aproximativ.

Pe calea de rulaj, inaintea decolarii, efectuarea unui viraj stanga si dreapta ofera indicii asupra corectitudinii indicatiei compasului magnetic.

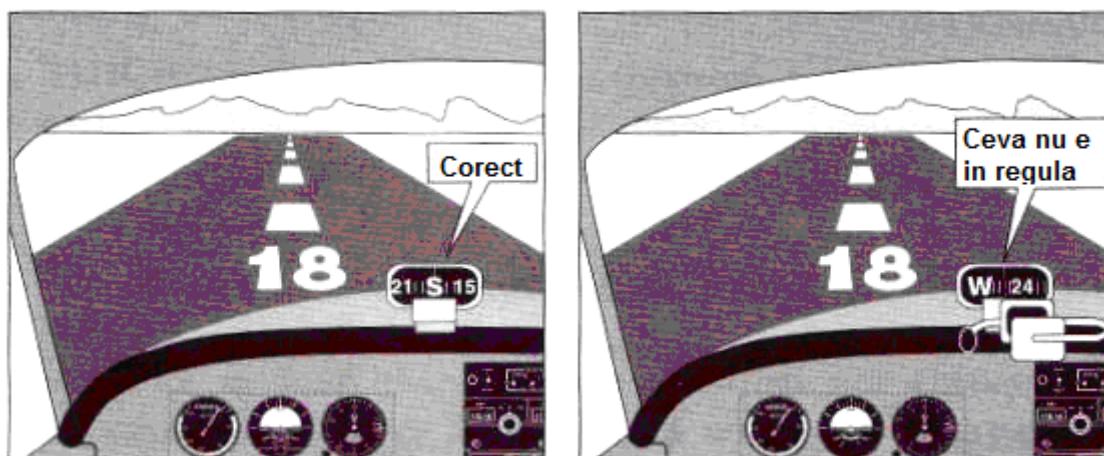


Fig. 4.26. Verificarea indicatiei busolei pe directia de decolare

4.9.6. Precautii in cazul obiectelor metalice din cabina

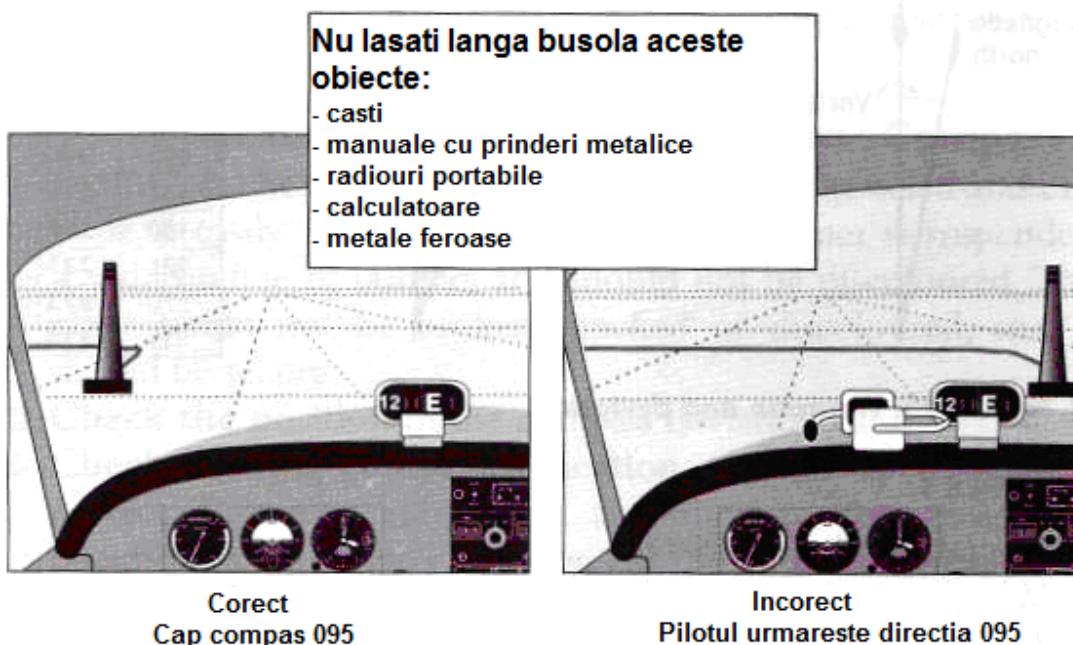


Fig. 4.27. Actiunea obiectelor metalice asupra busolei

Dispozitivele electrice, cum ar fi statia radio, genereaza destul de des propriul lor camp magnetic si pot afecta indicatia busolei. De aceea, fisa deviatiei de compas este completata de catre un inginer care a verificat busola din respectiva aeronava atunci cand aceasta isi schimba directia. Se poate face cu sistemul electric oprit, sau cu el pornit.

Ca pilot, trebuie verificat ca nici un material metalic sau magnetic care genereaza un camp magnetic (casti, stilouri din metal, etc.) sa nu fie in preajma busolei. Trebuie acordata atentie acestui aspect deoarece astfel de obiecte pot directiona gresit pilotul.

4.9.7. "Capriciile busolei"

Campul magnetic al Pamantului este slab si variaza ca intensitate si directie deasupra suprafetei Pamantului. Intensitatea campului magnetic are doua componente: o componenta orizontala, paralela cu suprafata Pamantului, folosita pentru a alinia acul compasului cu Nordul magnetic, si o componenta verticala, care determina acul magnetic sa cada.

O busola magnetica indica directia mai precis la latitudini mici decat in apropierea polilor.

La asa-numitul "ecuator magnetic" (la aproximativ jumatea drumului dintre polii magnetici), liniile de forta magnetica sunt paralele cu suprafata pamantului (mai exact, sunt orizontale). Aici, componenta orizontala a campului magnetic al Pamantului este la cel mai inalt nivel si compasul magnetic este stabil si precis in aceste zone.

La latitudini mai mari, langa polii magnetici, unde liniile de forta magnetica patrund prin suprafata Pamantului, componenta verticala a campului magnetic (ce cauzeaza declinatia magnetica) este mai puternica, iar componenta orizontala, paralela cu suprafata Pamantului, este mai slaba. Acest lucru face in asa fel incat compasul devine mai putin eficient ca indicator al directiei orizontale in regiunile polare, in comparatie cu eficacitatea lui la latitudini mai mici. La latitudini mai mari de 60° Nord sau Sud, compasul magnetic are un grad de credibilitate foarte scazut.

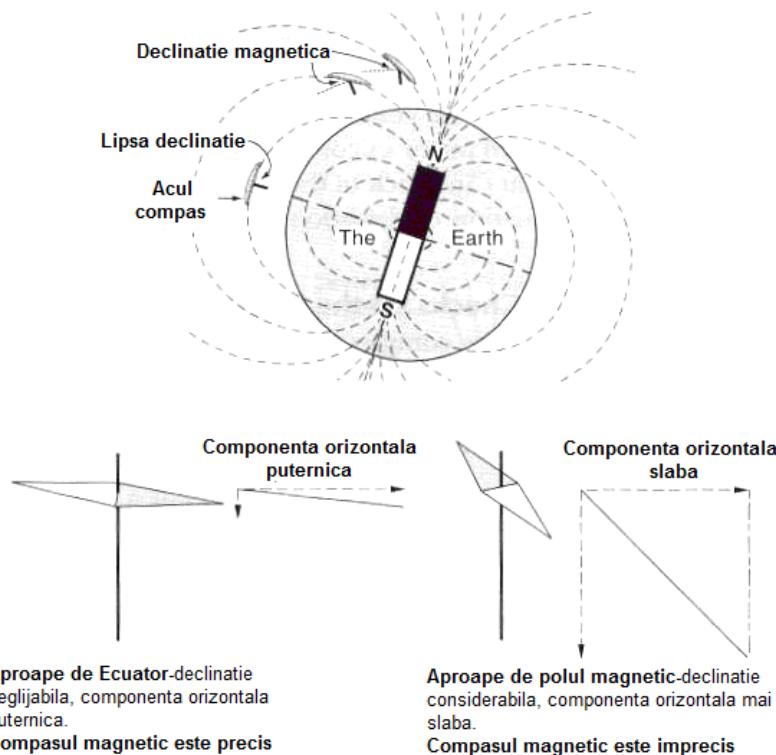


Fig. 4.28. Actiunea campului magnetic asupra acului compas

Ca mijloc de evitare a coborarii acului compasului odata cu linia de camp magnetic, acul este suspendat excentric (nu în centrul sau de gravitație) pe ax.

Cu cat declinatia este mai mare, cu atat mai mult coboara acul catre cel mai apropiat pol magnetic, si cu atat mai multa forta de gravitate este dislocata. Acest lucru determina forta de greutate sa echilibreze forta declinatiei si sa tina acul aproximativ orizontal.

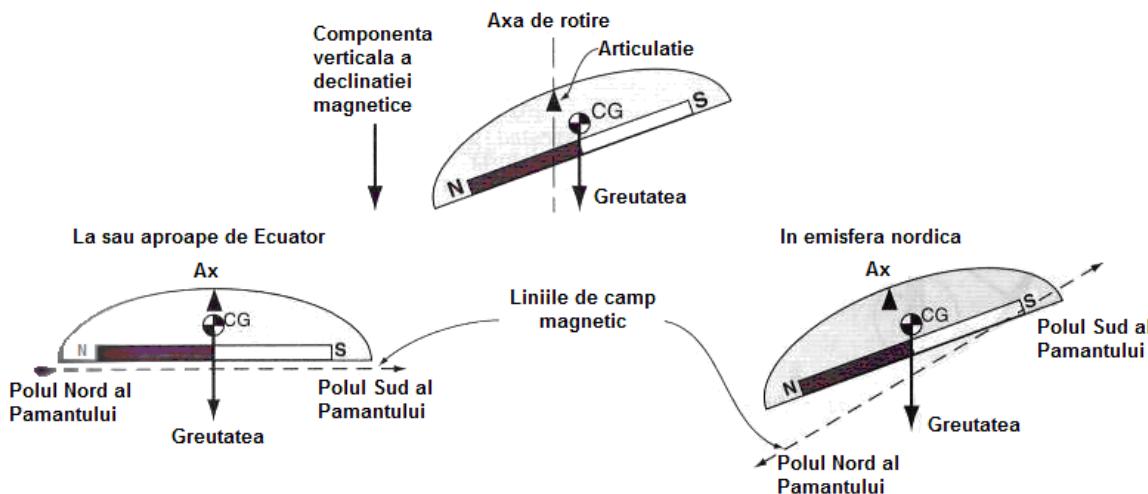


Fig. 4.29. Prinderea acului magnetic pentru diminuarea capriciilor

Indicatii eronate la accelerari

Orice accelerare a aeronavei va fi transmisa acului busolei prin axul sau. Centrul de greutate al acului va avea tendinta sa continue la viteza sa anterioara asadar va ramane in urma la o accelerare, si se va deplasa inainte la o scadere a vitezei. Intr-un viraj aeronava (si axul) accelereaza catre centrul virajului.

Accelerarea catre Est: centrul de greutate (aflat langa ax, in partea magnetului ce indica Nordul) ramane in urma. Aceasta accelerare balanseaza fisa compasului care va indica un viraj aparent catre Nord. Busola va indica un cap magnetic mai mare decat cel pe care se afla aeronava in realitate.

Decelerarea catre Est: este incetinit atat axul cat si restul avionului iar centrul de greutate al magnetului, datorita inertiei, incearca sa avanseze. Fisa compasului se va roti indicand un viraj aparent catre Sud.

Accelerarea catre Vest: centrul de greutate (aflat langa ax, in partea magnetului ce indica Nordul) ramane in urma. Aceasta accelerare balanseaza fisa compasului care va indica un viraj aparent catre Sud. Busola va indica un cap magnetic mai mic decat cel pe care se afla aeronava in realitate.

Decelerarea catre Vest: daca va indreptati catre Vest, o decelerare va determina avansarea centrului de greutate in fata axului, mai exact, va parea, conform busolei, ca aeronava a virat catre un cap magnetic nordic. Dupa ce avionul se va stabiliza, busola va reveni la o indicatie corecta.

Accelerarile Nord sau Sud: aceste accelerari sau decelerari, nu vor cauza aparitia unor viraje, deoarece avionul se deplaseaza drept.

Aceste rezultate sunt valabile in emisfera nordica. Situatia in emisfera sudica este inversata.



Indicatii eronate in viraje

Virajul este de asemenea o accelerare datorita schimbarii directiei.

Aeronava are o forta centripeta care actioneaza asupra acesteia, indreptata catre centrul virajului - mai exact, intr-un viraj, forta centripeta actioneaza catre centrul virajului si la 90° fata de viteza. Aceasta forta actioneaza de asemenea pe ax si il accelereaza catre centrul virajului. Magnetul busolei (si fisa compasului), fiind suspendat ca un pendul, este lasat in urma datorita inertiei. Aceasta duce la o eroare efemera in indicatia directiei de catre busola.

Trecerea prin Nord: Cand aeronava vireaza printre-un cap Nordic, accelerarea se face la unghiuri drepte – est sau vest, in functie de directia in care va indreptati. Daca virati dreapta prin Nord, accelerarea este catre Est, centrul de greutate ramane in urma in asa fel incat busola indica un viraj mai redus decat cel real.

De indata ce avionul ia un cap constant, busola va “ajunge din urma” virajul si se va stabiliza. De exemplu, virand de la 340° la 040° , virajul trebuie terminat inainte ca 040° sa fie indicat la busola (sa zicem la indicatia 020°), dupa care busola va “ajunge din urma” si se va stabiliza la 040° .

Daca se executa un viraj catre la stanga prin nord, accelerarea este catre Vest, centrul de greutate va ramane in urma si din nou busola va ramane in urma. Spre exemplu, virand de la 030° la 330° , virajul trebuie terminat cand busola indica aprox. 350° , dupa care ar trebui sa se stabilizeze treptat la 330° .

Virajul prin Sud: Intr-un viraj la stanga prin Sud, accelerarea este catre Est si centrul de greutate ramane in urma in asa fel incat aeronava pare ca a virat mai mult decat in realitate. De exemplu, virand de la 200° la 140° , virajul trebuie terminat cand busola va indica aprox. 120° . De indata ce busola s-a stabilizat, ar trebui sa indice aproximativ 140° .

Aceste erori de viraj si accelerare sunt rezultatul deplasarii catre Sud a centrului de greutate al magnetului de la busola, inclusiv miscarea axului (in emisfera Nordica) – valoarea deplasarii fiind mai mare cu cat inclinatia magnetica este mai mare, mai exact, cu cat va aflati mai aproape de polul magnetic, cu atat mai pronuntate sunt aceste erori.

Alinierea girodirectionalului (DI-direction indicator) cu busola magnetica

Girodirectionalul este un instrument giroscopic. Nu se aliniaza girodirectionalul cu busola magnetica daca viteza sau directia variaza, pentru ca busola magnetica este susceptibila la erori de viraje si accelerare, mai exact aeronava trebuie mentinuta la orizontala si cu o viteza constanta atunci cand se aliniaza girodirectionalul cu busola.

Unul din avantajele unui girodirectional este faptul ca nu este sensibil la erorile de viraj sau accelerare. Acuratetea sa depinde de alinierea corecta cu Nordul magnetic, asadar acest lucru trebuie efectuat atunci cand busola magnetica indica informatia corecta.



5. Navigabilitatea aeronavei

Cerintele de navigabilitate pentru aeronavele din Romania sunt specificate in RACR-47. Documentele de navigabilitate importante pentru pilot sunt:

- **Certificatul de Inmatriculară;**
- **Certificatul de Navigabilitate;**
- **Manualul de zbor;**
- **Documente de Intretinere (mentenanta)**

5.1. Certificatul de tip

Atunci cand fabricantul doreste sa scoata pe piata un nou tip sau model de aeronava, trebuie mai intai sa obtina un Certificat de tip de la autoritatea aeronautica din tara respectiva. Inainte de eliberarea Certificatului de tip, prototipul respectivei aeronave trebuie sa fie supus unor teste care, la randul lor, acopera o multitudine de aspecte cum ar fi siguranta, fiabilitatea, performanta. Certificatul de tip este retinut de catre producator, nu se elibereaza detinatorului aeronavei.

5.2. Certificatul de inmatriculară

O aeronava civila romana poate zbura in spatiul aerian national numai daca poseda un Certificat de inmatriculară, emis conform RACR-47, iar insemnul de nationalitate si marca de ordine sunt inscriptionate pe aeronava. Prin inmatriculara unei aeronave civile in Registrul unic de inmatriculara a aeronavelor civile, aeronava respectiva capata nationalitatea romana. O aeronava civila inmatriculata in Romania nu poate fi inmatriculata si in alt stat.

Insemnele de inmatriculara ale unei aeronave civile romane se compun din insemnul de nationalitate si marca de ordine.

Insemnul de nationalitate este constituit din grupul de litere "YR". Marca de ordine este alocata de catre autoritatea de inmatriculara si se dispune in continuarea insemnului de nationalitate, la dreapta acestuia, fiind despartita de insemnul de nationalitate printr-o cratima.

Marca de ordine este constituita dintr-un grup de litere sau cifre, dupa cum urmeaza:

- pentru aerodine, cu exceptia planoarelor, marca de ordine este constituita dintr-un numar de 3 litere;
- pentru planoare si aerostate, marca de ordine este constituita dintr-un numar de 4 cifre.

Nu pot fi alocate urmatoarele grupuri de litere sau grupuri de cifre:

- care au fost acordate altor aeronave civile romane ce au fost radiate din Registrul unic de inmatriculara a aeronavelor civile cu mai putin de 5 ani inaintea primirii cererii de inmatriculara; fac exceptie aeronavele care se inmatriculeaza cu aceeasi marca avuta inaintea radierii, indiferent de intervalul de timp;
- care fac parte din grupurile de litere care reprezinta semnale de pericol sau ajutor, incep cu litera Q sau pot conduce la confuzii de identificare (spre exemplu, SOS, XXX, PAN, TTT);
- care incep cu cifra 0 (zero).



Certificatul de inmatriculare este documentul care se emite pentru fiecare aeronava civila in parte, prin care se certifica inscrierea acesteia in Registrul unic de inmatriculare a aeronavelor civile. Certificatul de inmatriculare este un document obligatoriu la bordul aeronavei pe tot timpul activitatii de zbor.

Certificatul de inmatriculare contine urmatoarele rubrici:

- numarul certificatului;
- insemnenele de nationalitate si marca de ordine;
- constructorul aeronavei si tipul;
- numarul de fabricatie al aeronavei dat de constructor;
- numele proprietarului si, dupa caz, al detinatorului;
- adresa detinatorului si, in cazul in care detinatorul nu este si proprietar, a proprietarului;
- declaratia privind baza legala pentru inscrierea in Registrul unic de inmatriculare a aeronavelor civile;
- data emiterii;
- semnatura emitentului.

Aeronavele civile romane care sunt inmatriculate in Registrul unic de inmatriculare a aeronavelor civile trebuie, in afara insemneler de inmatriculare, sa fie prevazute cu o placuta de identificare. Placuta de identificare trebuie confectionata dintr-un material rezistent la foc si trebuie sa contina informatiile urmatoare:

- insemnul de nationalitate si marca de ordine;
- tipul aeronavei;
- seria si data fabricatiei;
- proprietarul si detinatorul, daca acesta din urma nu este si proprietar.

Marcarea informatiilor pe placuta trebuie facuta printr-o metoda (stantare, gravare, atac chimic etc.) care sa asigure rezistenta la foc. Placuta de identificare trebuie fixata pe aeronava intr-un loc vizibil, in apropierea intrarii principale, iar fixarea trebuie sa fie suficient de sigura pentru a preintampla scoaterea, pierderea sau stergerea acesteia in timpul operarii normale sau in urma unui accident soldat cu incendiu la bord.

5.3. Certificatul de Navigabilitate (CofA – Certificate of Airworthiness)

Acest certificat este eliberat de Autoritatea Aeronautica Civila Romana, individual pentru fiecare aeronava, pe o anumita perioada, orice aeronava neputand zbura pana cand nu are un Certificat de navigabilitate valid.

O parte din Certificatul de navigabilitate pentru fiecare avion in parte este manualul de zbor; aceste doua documente sunt legate printr-un numar de identificare.

Certificatul de navigabilitate este eliberat de Autoritatea Aeronautica Civila Romana pentru fiecare aeronava in parte pentru a opera intr-o anumita categorie, cu conditia ca aceasta sa respecte cerintele necesare de navigabilitate. Categoriele si scopul lor includ:

- **Transport (Pasageri)** – orice scop;
- **Transport (Cargo)** – orice scop in afara de transportul public al pasagerilor;
- **Lucru Aerian** – orice scop in afara de transportul public;
- **Privat** – orice scop in afara de transportul public sau lucrul aerian;
- **Special.**



Avioanele sunt impartite pe categorii mai departe printr-un alt criteriu, conform manevrelor ce pot fi efectuate:

- **Categoria normală** – sub 5.700 kg și non-acrobatic: manevre limitate și viraje cu inclinare de cel mult 60°. Factorii limita tipici de incarcare: +2,5g și -1,0g.
- **Categoria utilitare** – precum o categorie normală, plus limitare acrobatică. Factorii limita tipici de incarcare: +4,5g și -1,8g.
- **Categoria acrobatie** – acrobatic în totalitate. Factorii limita tipici de incarcare: +2,5g și -1,0g.

Nu trebuie efectuate alte manevre cu avionul decat cele specificate în manualul sau de zbor. Fiecare aeronava este construită pentru un anumit scop, și anume efectuarea unei anumite operațiuni.

În afara de existența fizica a hartiei, Certificatul de navigabilitate, are alte documente asociate cu acesta – **Manualul de zbor** și **Revizia Certificatului de Mențenanță**. O parte importantă a celui din urmă este Certificatul de Punere în Serviciu.

Pentru ca certificatul Certificatul de navigabilitate să ramana valid, avionul trebuie menținut și operat corespunzător.

5.4. Manualul de zbor

Manualul de zbor trebuie aprobat de către autoritatea aeronautilică și reprezintă o parte a Certificatului de navigabilitate al unui anumit avion. Certificatul de navigabilitate și manualul de zbor pentru un anumit avion au același numar de identificare.

Pilotul trebuie să respecte toate cerințele, procedurile și limitările legate de operarea avionului prezente în manualul de zbor. Acestea trebuie să se afle în avion, cu excepția situației în care decolare și aterizare se efectuează la același aerodrom.

5.5. Programul de mențenanță

Fiecare avion trebuie să aibă un program de mențenanță aprobat de autoritatea aeronautilică. Cel obisnuit este **Programul de Mențenanță al Aeronavelor Usoare (Light Aircraft Maintenance Schedule - LAMS)**. Aceasta implica un sistem de controale, verificări și inspecții regulate efectuate de către persoane abilitate în acest sens. Trebuie pastrate evidențe ale celulei, motorului și elicei.

Un program tipic de mențenanță va include:

- **inspecția anuale programate** presupune o verificare amanuntita a motorului, celulei și a componentelor sale, a sistemelor aeronavei;
- **inspecția la 150 ore** reprezintă un control mai detaliat decât cel de 50 de ore;
- **inspecția la 50 de ore** sau o inspecție la 6 luni dacă nu s-au împlinit 50 de ore de funcționare în perioada precedenta de 6 luni;
- **inspecția zilnică**, cunoscută și ca Check A, efectuată de pilot înaintea primului zbor al zilei.

Revizia Certificatului de Mențenanță se eliberează după o perioadă de 12 luni.

Certifica faptul că aeronava a fost întreținuta în conformitate cu Programul de Mențenanță, că orice directive de navigabilitate emise în perioada anterioară de 12 luni au fost aplicate și că orice buletin service emis de producător în aceeași perioadă de 12 luni a fost aplicat.



5.6. Jurnalul Tehnic de Bord

JTB este tinut pentru fiecare aeronava in parte, pentru a tine evidenta decolarilor, aterizarilor si a timpului de zbor. Orice defecte aparute in timpul zborului trebuie mentionate in acest jurnal. Personalul tehnic va folosi si el Jurnalul tehnic de bord pentru a inregistra orice lucrare facuta pentru a indeparta anumite defecte.

5.7. Certificatul de Punere in Serviciu

Acest certificat este eliberat de un inginer autorizat in urma unei inspectii sau unei lucrari de intretinere. Acesta certifica faptul ca lucrarea a fost facuta in concordanta atat cu procedurile autoritatii aeronautice cat si cu procedurile producatorului.

5.8. Alte documente:

- asigurare;
- Certificatul de Zgomot;
- Certificatul de Aprobare a Echipamentului Radio;
- Licenta Radio a aeronavei;
- Tabel al Greutatii si Centrajului