

AEROCLUBUL ROMÂNIEI



NOTE DE CURS

ale Organizației de Pregătire Aprobate (ATO)

CUNOAȘTEREA GENERALĂ A AERONAVEI



www.aeroclubulromaniei.ro

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.

AEROCUBUL 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

Șef Birou
Managementul Calității și Mediu
Alice IACOBESCU

VERIFICAT

Șef al Activităților de Pregătire
László FERENCZ

ÎNTOCMIT

Sorin NUȚU

SPAȚIU LĂSAT INTENȚIONAT LIBER

**Lista de evidență a amendamentelor**

Versiune amendament	Pagini afectate	Data introducerii	Numele / Semnătura



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. Asamblări de aviație.....	16
1.1.5. Tratamente termice	23
1.1.6. Acoperiri de suprafață	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 frânare	36
1.2. Sistemul de ancorare	39
1.2.1. Blocarea suprafețelor 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 răcire al motorului	50
2.2.1. Răcirea cu aer	50
2.2.2. Sistemul de răcire	50
2.2.3. Temperatura chiulaselor cilindrilor	52
2.2.4. Ventilarea cabinei, sistemul de încălzire	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. Schimburile de ulei	58
2.3.6. Funcționarea anormală a sistemului de ungere	58
2.4. Sistemul de aprindere al motorului	60
2.4.1. Starterul (demarorul)	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 anormală	70
2.5.7. Givrea carburatorului	71
2.5.8. Încălzirea 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 injecție	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 si curentul alternativ	93
3.1.2. Bara colectoare	94
3.1.3. Bateria	95
3.1.4. Alternatorul si generatorul	96
3.1.5. Ampermetrul	96
3.1.6. Contactul general	98
3.1.7. Alarmer, disjunctor si sigurante	99
3.1.8. Releele	100
3.1.9. Sursa externa de energie	100
3.1.10. Defecte 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. Defectiuni 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) si 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. Giroscop conduse prin vacuum	117
4.5.4. Giroscop conduse electric	117
4.6. Indicatorul de viraj si glisada	117
4.6.1. Indicatorul de viraj	117
4.6.2. Indicatorul de glisada	118
4.7. Giroorizontul	119
4.8. Girodirectionalul	120
4.8.1. Verificarea functionarii girodirectionalului	120
4.8.2. Erori ale instrumentelor giroscopice	120
4.9. Busola magnetica	121
4.9.1. Directia	122
4.9.2. Campul magnetic al Pamantului-magnetismul terestru	122
4.9.3. Deviatia compas	124
4.9.4. Modalitatea de functionare a busolei din aeronava	124
4.9.5. Verificari ale sistemelor	125
4.9.6. Precautii in 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 inmatriculare	129
5.3. Certificatul de Navigabilitate (CofA – Certificate of Airworthiness)	130
5.4. Manualul de zbor	131
5.5. Programul de mentenanta	131
5.6. Jurnalul Tehnic de Bord	132
5.7. Certificatul de Punere in Serviciu	132
5.8. Alte documente:	132

1. Celula aeronavei



1.1. Structura celulei

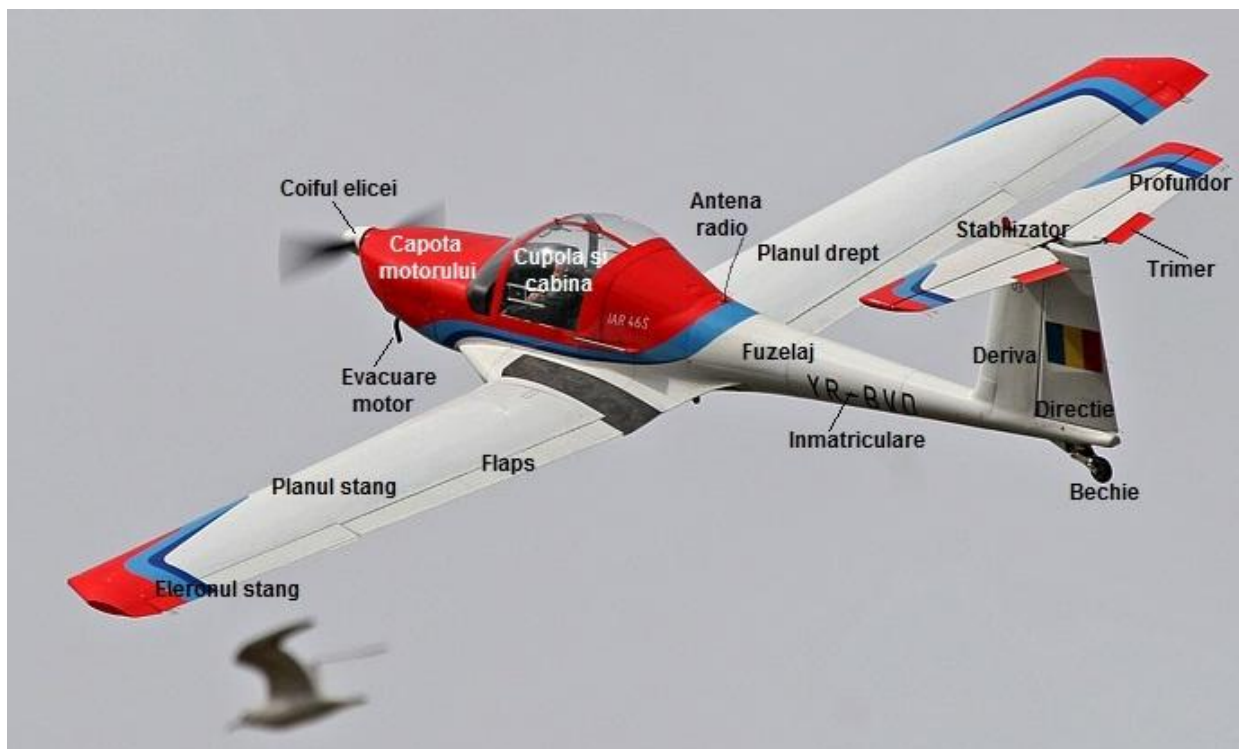


Fig. 1.1. IAR 46 S

1.1.1. Componentele principale ale aeronavei:

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



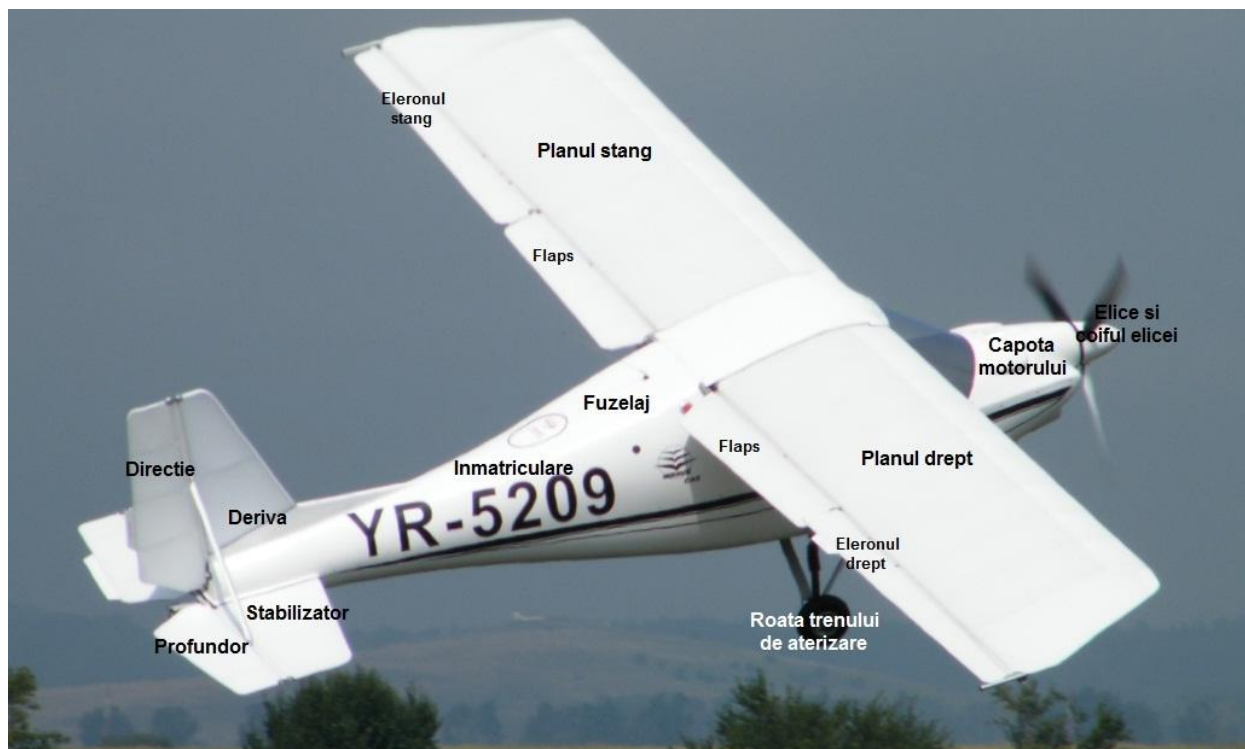


Fig. 1.2. Ikarus C 42



Fig. 1.3. Aerostar Festival (vedere din fata)

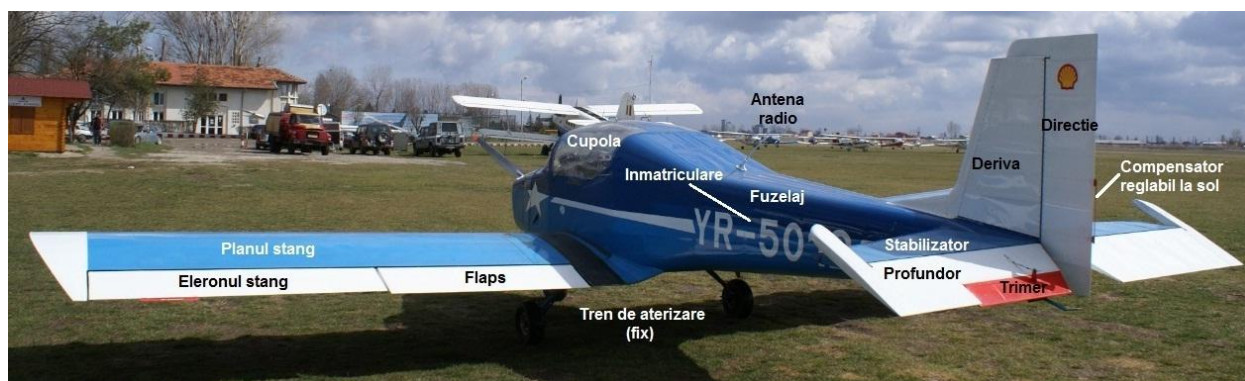


Fig. 1.4. Aerostar Festival (vedere din spate)

1.1.2. Materiale de aviație

Pentru a fi corespunzătoare pentru construcția structurii avionului, materialele trebuie să îndeplinească următoarele condiții minime, în ordinea importanței:

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

Lemnul

Primul material folosit în construcția avioanelor a fost lemnul.

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

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

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

- tratarea lemnului cu materiale ignifuge;
- uscarea controlată și protecția cu lacuri stabile în timp;
- înclăierea cu rășini epoxidice, stabile în timp.

Cu aceste îmbunătățiri, lemnul este folosit și astăzi în construcția structurii avioanelor sau a elementelor de structură, fiind alese diferite esențe după destinația componentelor (bradul de rezonanță pentru elemente de structură; fagul, carpenul, bambusul sau ulmul pentru elemente de rezistență; balsa pentru umpleri sau acoperiri de suprafețe portante, teiul pentru piese cu forme complexe, fiecare esență 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 (bolturi sau feruri de prindere a semiplanurilor aripilor, ampenajelor, sistemului de propulsie sau trenului de aterizare pe fuselaj).

Otelurile slab aliate sub formă de tevi sudabile se folosesc pentru structuri tip "grindă cu zabrele" (folosite la construcția 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 rezistență / greutate foarte bun, aliajele de aluminiu se folosesc pe scară foarte largă în construcția avionului.

Elementele de structură se fabrică din aliaje tip DURAL (aliat cu Cu, Mg, Mn), sub formă de bare sau profile complexe extrudate, formate la rece sau cald, plăci sau table, elemente de asamblare (nituri).

Piese componente pentru motor se fabrică 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 rezistență / greutate dar, având dezavantajul că este foarte inflamabil, nu mai este folosit decât în aliaje ale aluminiului.

Titaniul

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

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

Se aliază cu Al, Mo, V, Mn, Cr etc.

Titaniul este următorul după aluminiu ca raport rezistență / greutate, dar are rezistențe comparabile cu ale oțelurilor medii aliate.

Este folosit la piesele de rezistență medie și înaltă (jonctiuni, piese ale trenului de aterizare), dar și la piesele de motoare turboreactoare sau la structuri destinate avioanelor supersonice, având o foarte bună comportare la temperaturi mari.

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

Materiale compozite

Materialele compozite sau fibrele ranforsate cu rasini (NEXTRAPOL) sunt materiale de ultimă generație folosite în construcția structurilor de aviație datorită avantajelor sale, care sunt:

- rezistență mecanică bună;
- stabilitate chimică foarte bună;
- sunt neinflamabile;
- preț scăzut;
- tehnologie ieftină de fabricație a structurilor de aviație (SDV-istica ieftină).

Dar au și unele dezavantaje, cum ar fi:

- vulnerabilitate la temperaturi mari sau la variații bruste de temperatură;
- fabricație în mediu foarte bine controlat (umiditate și mai ales temperatură);
- comportare rea antistatică (se încarcă cu energie electrică statică necesitând precauții la alimentarea cu combustibil).

Ac acestea sunt:

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

**Materiale plastice**

Materialele plastice sunt din ce in ce mai folosite in constructia avioanelor (pentru inceput la piese fara rol de preluare a sarcinilor mecanice, dar in ultimul timp se folosesc si la invelisuri de suprafete portante, piese de rezistenta mecanica mica sau piese de motor), datorita avantajelor:

- stabilitate chimica foarte buna;
- prelucrabilitate foarte buna si ieftina;
- pret foarte mic.

Dar au si anumite dezavantaje cum ar fi:

- inflamabilitate mare;
- instabilitate la temperaturi mari.

Materiale spongioase sau structuri de tip "fagure"

Materialele spongioase (spume poliuretanic) se folosesc la umplerea sau rigidizarea pieselor de structura. Acestea sunt foarte usoare (contin mult aer in structura) si se aplica foarte usor (sub forma de spray).

Structurile de tip "fagure" au, de asemenea, o greutate foarte mica si o rezistenta mecanica foarte buna. Se folosesc la pereti despartitori sau chiar la invelisuri portante.

Cauciucuri (elastomeri)

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

- anvelope si 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 (pufere, bucxse elastice de montare ale motorului etc.)

Deoarece cauciucul in timp isi pierde calitatile, anumite componente vitale de cauciuc (diverse conducte, simeringuri etc.) se schimba la intervale de timp prestabilite (de regula, la 5 ani).

Trebuie avuta in vedere vulnerabilitatea cauciucului la uleiuri si grasimi (anvelopele sau bucxsele elastice de montare ale motorului nu trebuie sa fie contaminate cu uleiuri).

Diverse materiale

cum ar fi:

- plexiglass-ul se foloseste la constructia cupolei (nu se foloseste geamul de sticla la avion);
- panza se foloseste la acoperirea diferitelor suprafete portante;
- lacurile se folosesc la lipirea si intinderea panzei;
- vopsele, grunduri etc.

1.1.3. Solicitari mecanice

Pentru a intelege comportarea avionului din punct de vedere al rezistentei mecanice a structurii, sa ne reamintim principalele solicitari mecanice ale pieselor.

Din punct de vedere al formei, piesele se clasifica in:

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

Sa analizam, in continuare, principalele solicitari mecanice ale barelor. Acestea sunt:

- **intinderea sau compresiunea (+flambajul).** La aceste solicitari forta actioneaza in lungul barei, pe directia opusa incastrarii, in cazul intinderii, sau spre incastrare, in cazul compresiunii. In cazul compresiunii, bara isi poate pierde stabilitatea formei, aparand flambajul.
- **forfecarea.** In cazul forfecarii exista o pereche de forte (egale ca marime, cu aceeasi directie dar cu sensuri opuse si care actioneaza pe directii putin diferite, avand intre ele un mic interstitiu)

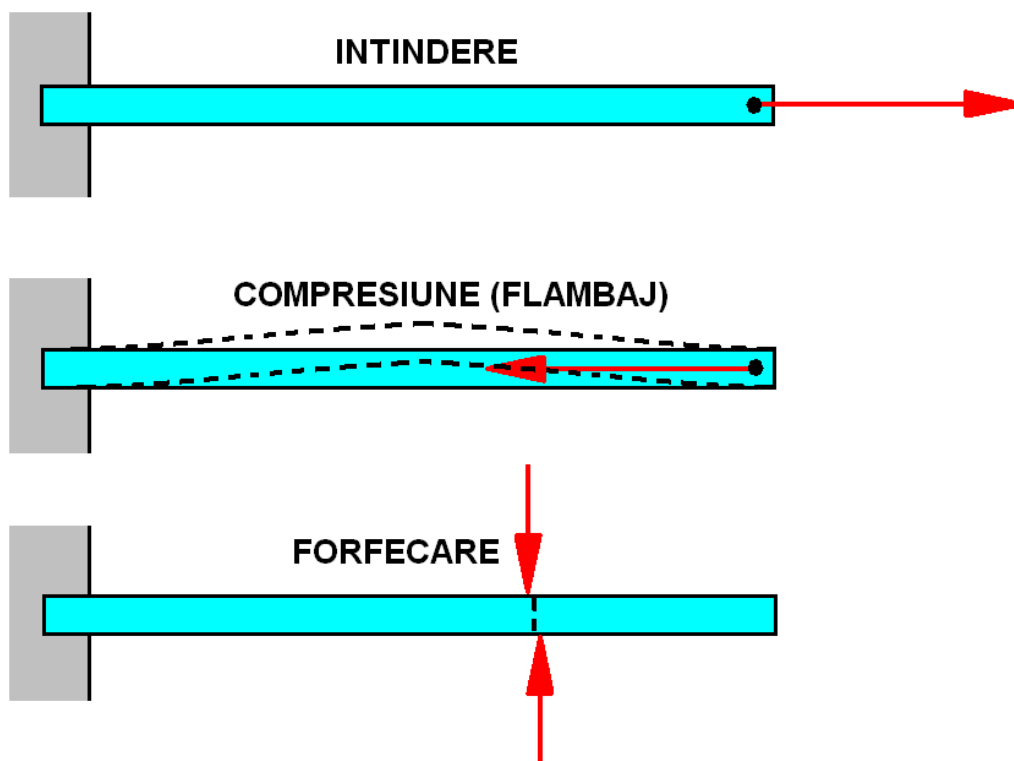


Fig. 1.5.

- **torsiunea.** La torsiune, bara este rasucita de un moment de torsiune in lungul ei.
- **incovoierea.** Incovoierea este solicitarea barei de catre o forta ce actioneaza perpendicular pe lungimea sa, forta ce genereaza un moment de incovoiere fata de incastrare. Incovoierea barei consta intr-o compresiune a materialului pe partea opusa actiunii fortei si intr-o intindere pe partea pe care actioneaza forta. Compresiunea si intinderea sunt cu atat mai accentuate cu cat ne indepartam de centrul de incovoiere al barei (o linie situata cam la mijlocul grosimii barei in care materialul nu este nici comprimat si nici intins) Incovoierea genereaza, totodata, si o forfecare.

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

Aceste solicitari de baza pot apare 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.

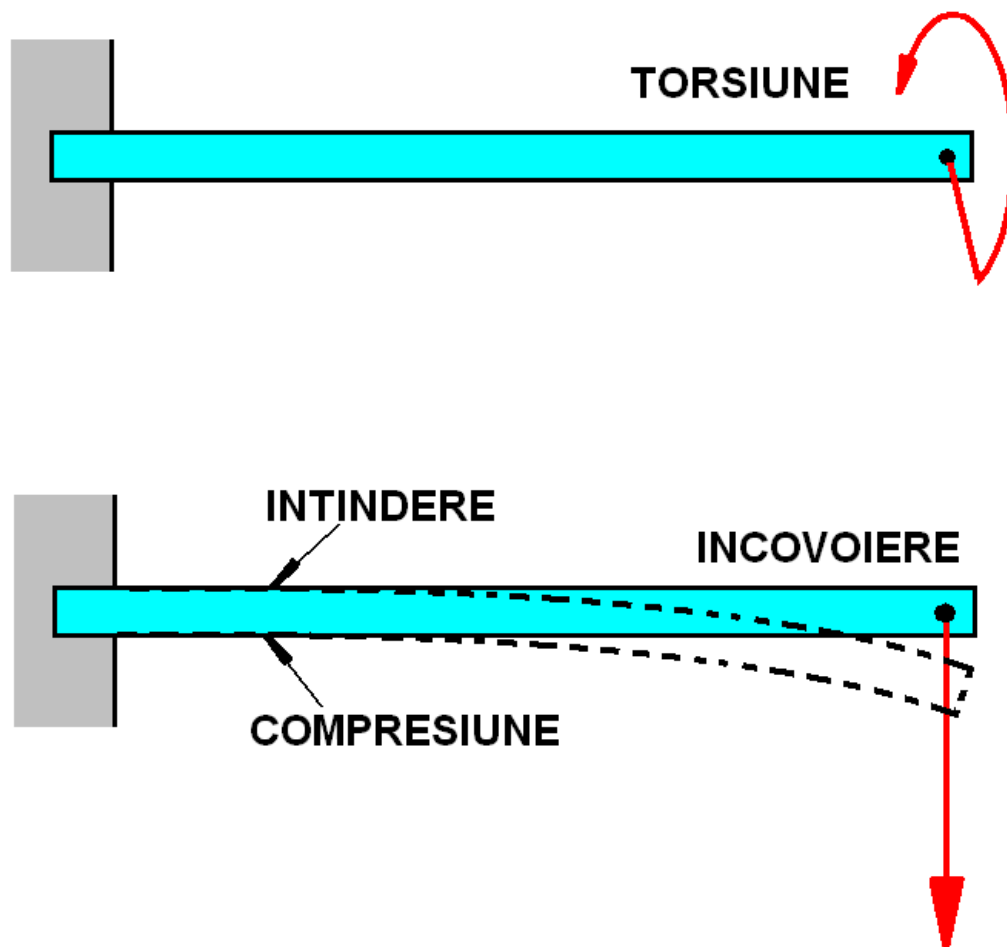


Fig. 1.6.

1.1.4. Asamblari de aviație

Asamblările de aviație se pot împarti în două categorii:

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

Asamblari nedemontabile

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

Asamblari nituite

Nitul este o piesă de asamblare care are un capăt preformat (uzinat) iar celălalt capăt se deformează plastic pentru realizarea îmbinării.

Capătul preformat poate fi bombat sau inecat (zenk).

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

Pentru realizarea îmbinării se folosesc o pereche de scule numite capuitor și contracapuitor.

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

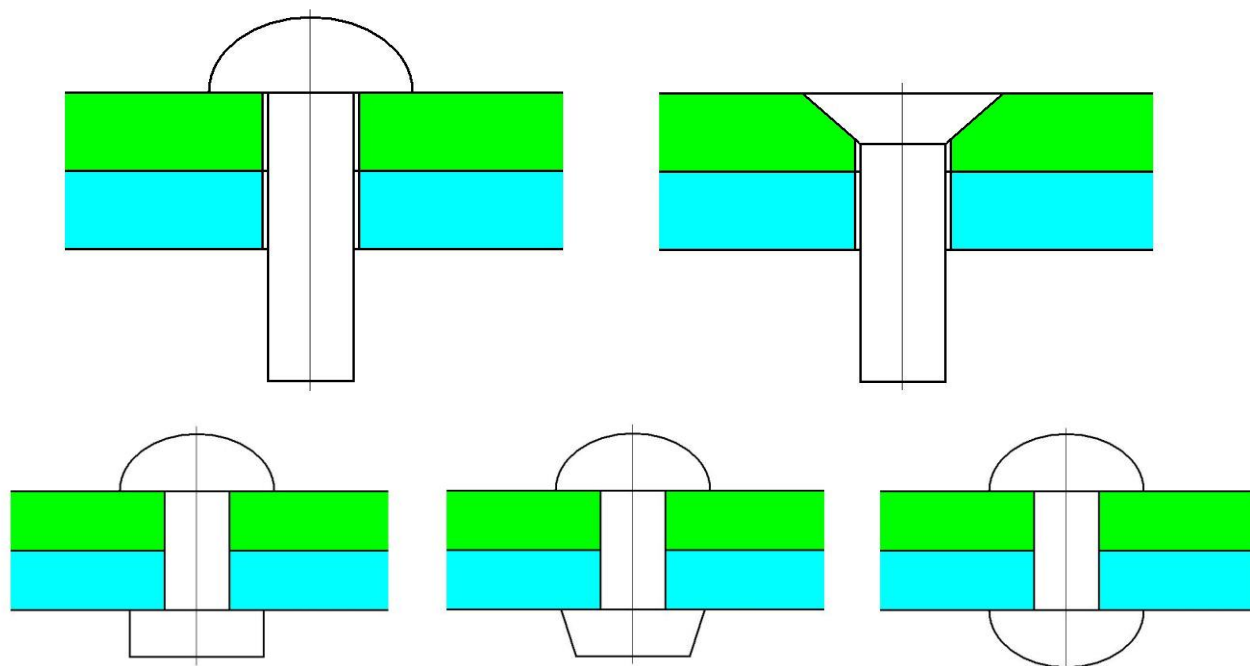


Fig. 1.7.

Avantaje ale asamblării nituite:

- nu creează tensiuni interne între piesele asamblate și, deci, nu necesită tratamente termice ulterioare de detensionare;
- distribuie foarte bine efortul pe mai multe elemente de asamblare (nituri);

Dezavantaje ale asamblării nituite:

- necesită SDV-istică scumpă (gabarite de asamblare cu rigiditate mare, mașini de nituit, etc.);
- nu poate fi aplicată în orice configurație, deci, din proiectare trebuie stabilită o ordine strictă de asamblare (trebuie să avem acces la ambele capete ale nitului);

Există și nituri care se pot aplica pe o singură 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 (flacăra oxi-acetilenică, arc electric, fascicule de laser sau electroni etc.), metalul lichid difuzând între piese cu sau fără material de adaos.

Înainte de sudare, piesele sunt pregătite în vederea sudării.

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

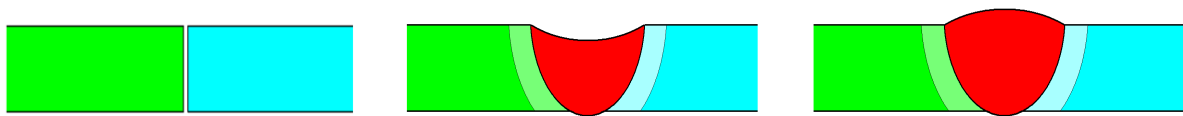


Fig. 1.8.

Avantajele asamblării sudate:

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

Dezavantajele asamblării sudate:

- creează tensiuni în piesele sudate din cauza influenței termice și timpul topirii materialului pieselor, deci, după sudare, pieselor li se aplică un tratament termic de detensionare (se încălzește până la o temperatură prestabilită, se menține un anumit interval de timp la acea temperatură, după care piesa sudată se răcește controlat – într-un interval de timp prestabilit);
- metalele ce urmează să fie sudate trebuie să fie compatibile (trebuie să aibă aceiași parametri fizici, cum ar fi temperatura de topire, compoziția, densitatea etc.) și materialele să fie sudabile (nu orice metal se poate suda);
- controlul dificil al imperfecțiunilor de asamblare (incluziuni nemetalice în sudură, cum ar fi zgură, grăsimi, etc. ce slăbesc rezistența sudurii). Controlul trebuie făcut la toate asamblările sudate prin metode nedistructive, deci fără să afectăm 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 ușor fuzibil (cu temperatura de topire mai mică decât a celor două piese ce se assemblează), 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 (aceste înainte de lipire se vor degresa și se vor curăța de oxid de metal).

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

Asamblari incleiate

Asamblările incleiate sunt asamblări în care între piesele de asamblat se interpune un adeziv sau un clei nemetalic (există și adeziv de tip "metal fluid"). Cleiul poate fi monocomponent când întărirea se face în prezența aerului sau bi- și multi-component, la care întărirea se face printr-o reacție chimică între componentii cleiului (adezivi de tipul rasinilor epoxidice).

Asamblările incleiate au avantajul că 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 că sunt de foarte mică rezistență.

Asamblari demontabile**Asamblari cu filet**

Asamblarea cu filet se bazează pe o pereche de santuri 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 așezare) 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 gaură filetată în una din piese)

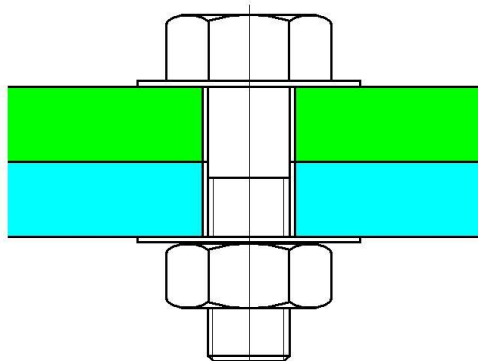


Fig. 1.9.

Asamblari cu element deformabil (cu splint)

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

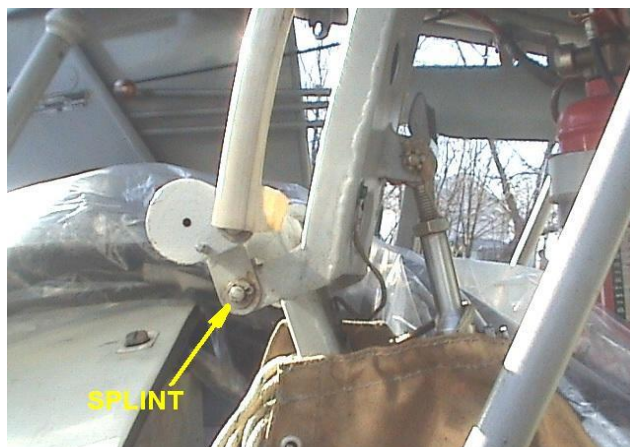
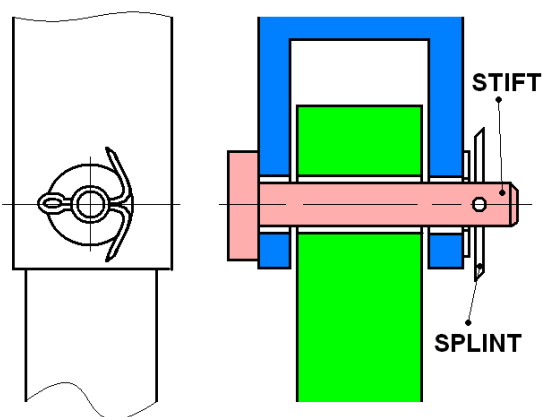


Fig. 1.10.

Asamblari cu element elastic (cu arc)

Asamblările cu element elastic sunt asemănătoare cu cele cu splint, numai că în loc de splint se folosește o agrafă din oțel arc.

Asamblările cu arc sunt asamblări rapide (care se montează și se demontează ușor).



Fig. 1.11.

Sigurantarea asamblarilor filetate

Pentru a se asigura împotriva autodesurubării din cauza vibrațiilor 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.).

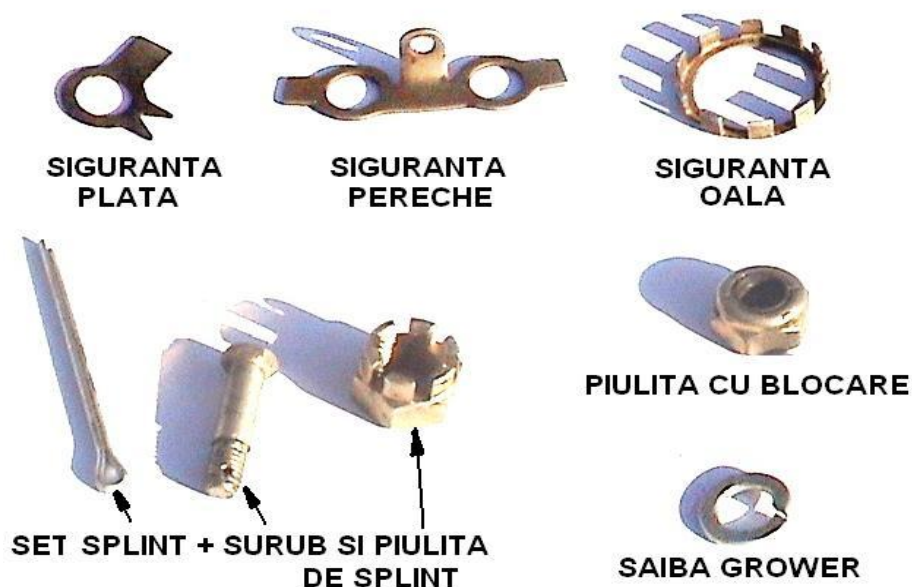


Fig. 1.12.

Dupa tipul elementului de sigurantare, **aceste pot fi sigurantari:**

- **cu sarma;**



Fig. 1.13.

- cu splint;

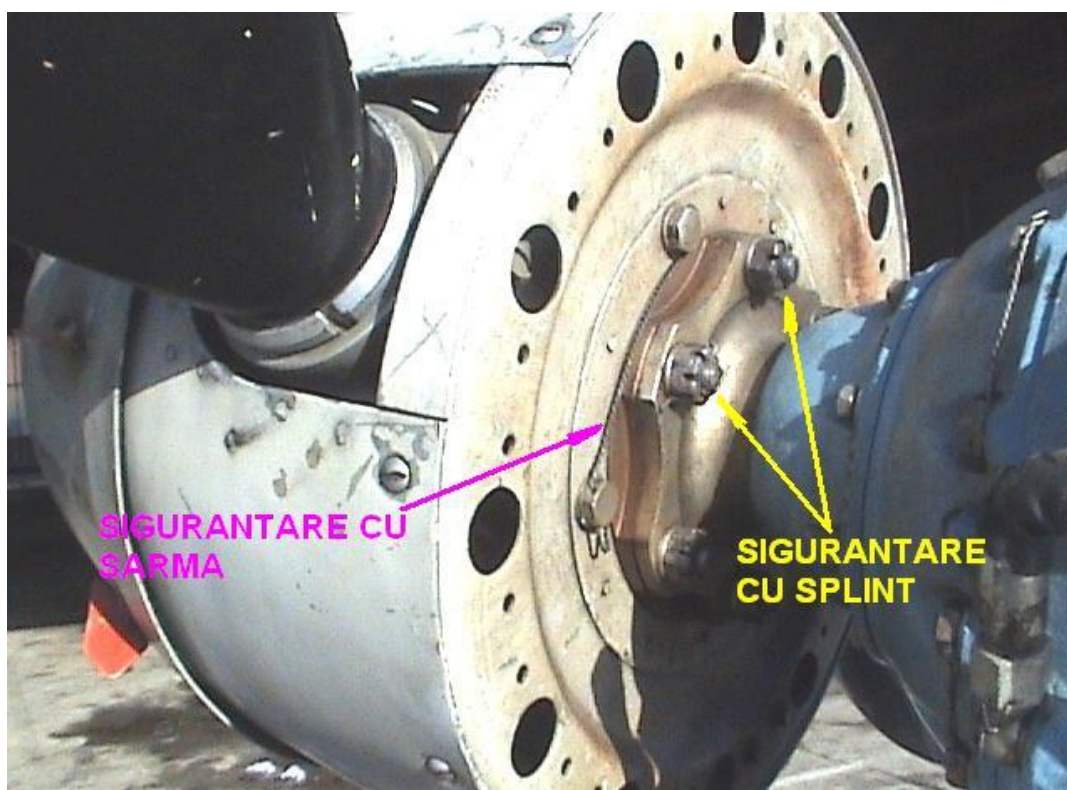


Fig. 1.14.

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

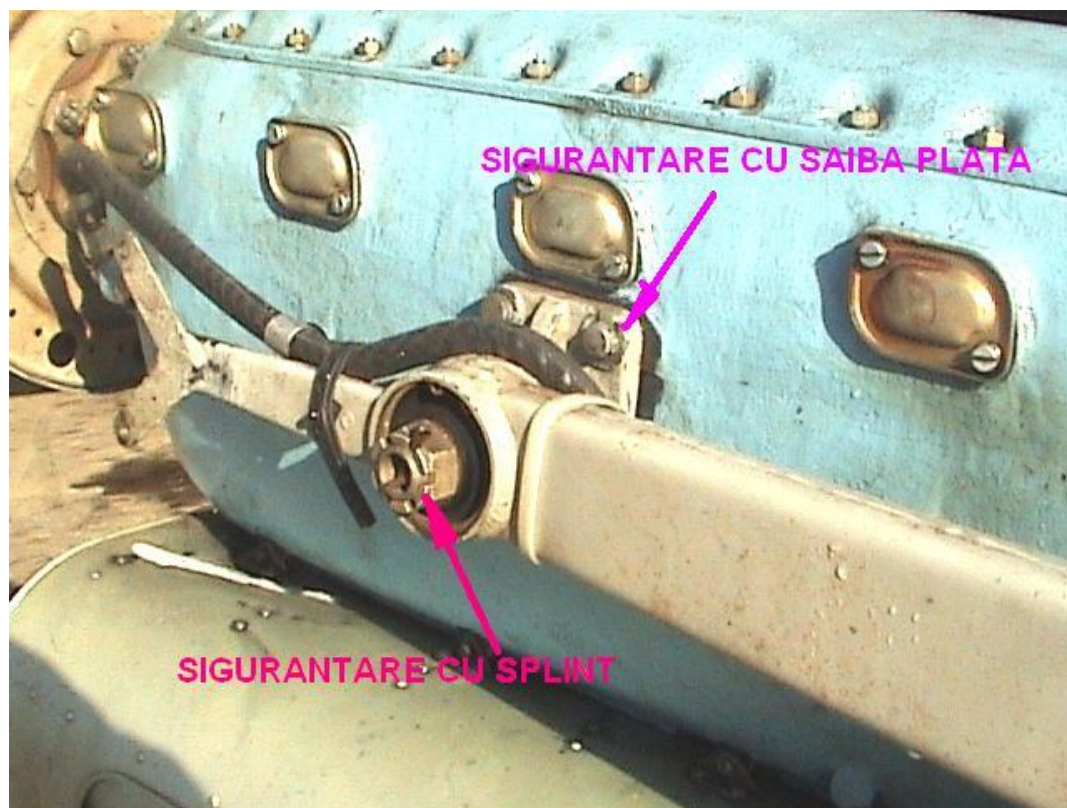


Fig. 1.15.

b) plate in pereche;

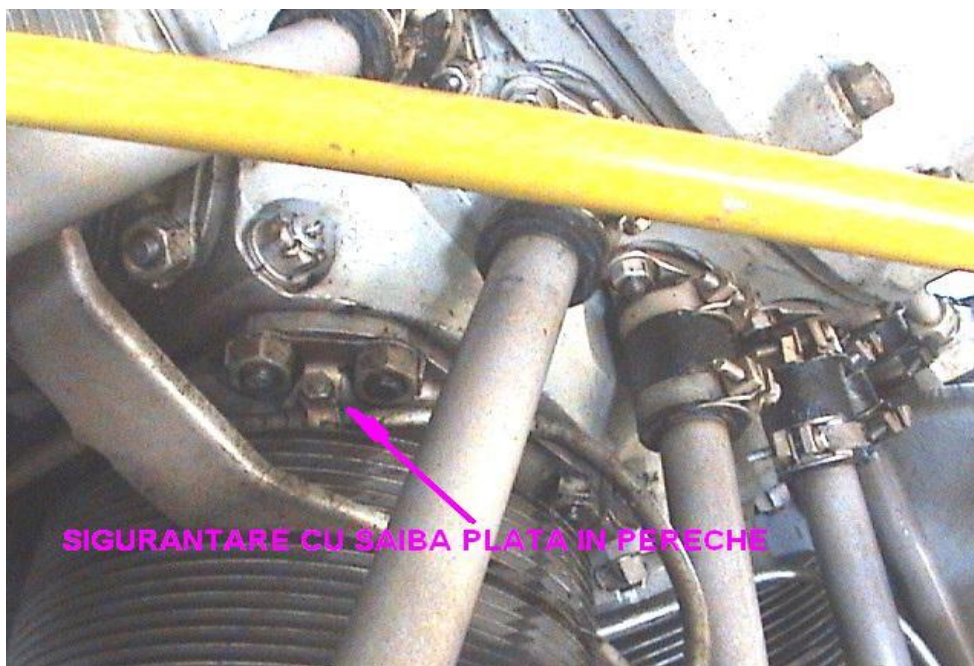


Fig. 1.16.

c) tip "oala" (pentru piulite "olandeze");

- 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 aplica pieselor in vederea imbunatatirii calitatilor mecanice ale materialului din care sunt confectionate (tratamente termice de calire, sau de modificare a structurii in stratul superficial cum ar fi tratamentele termice de cementare sau niturare urmate de calire etc.), de "imbatranire" (pentru piesele din aliaje de aluminiu) sau de detensionare in urma asamblarii prin sudare.

1.1.6. **Acoperiri de suprafata**

Acoperirile de suprafata se fac in scopul de a proteja piesele impotriva coroziunii sau, mai rar, pentru a mari rezistenta la suprafata materialului piesei (acoperiri galvanice cu crom (Cr) sau nichel (Ni)).

Acestea pot fi:

- modificari structurale de suprafata (de exemplu, eloxarea pieselor din aluminiu);
- metalizari de suprafata pentru protectie anticoroziva (cadmieri, zincari, cuprari, argintari etc.);
- vopsiri (acoperiri cu grunduri si/sau chituri si apoi vopsiri si/sau lacuiri).

1.1.7. Fuzelajul, aripile, ampenajele, coada

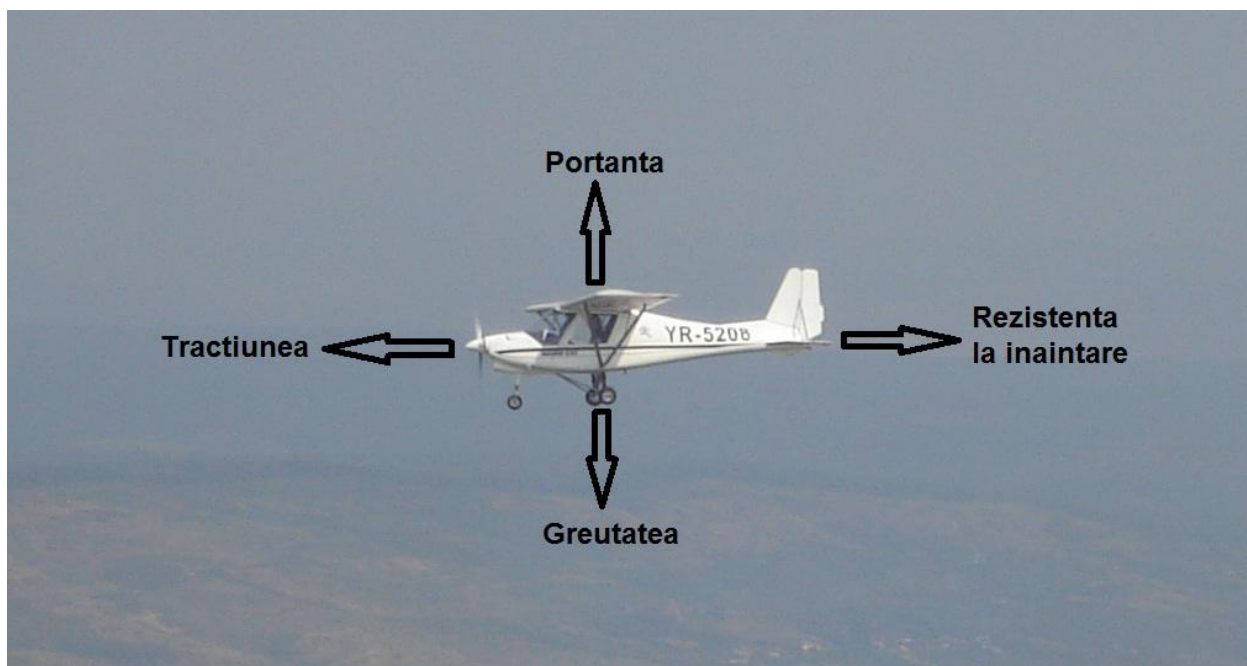


Fig. 1.19. Cele patru forte care acționează asupra unei aeronave

Fuzelajul

Fuzelajul reprezintă celula avionului de care se atasează aripile, ampenajele, motorul și trenul de aterizare. Contine cabina cu scaunele pilotilor și pasagerilor, comenzile și instrumentele din cabina; poate contine și compartimentul de bagaje.

Majoritatea avioanelor moderne de antrenament au fuselajul de tip *semimonococa*, o structură de rezistență ușoară, acoperită cu un înveliș care, de cele mai multe ori, este din foaie de aluminiu. În acest fel eforturile sunt preluate de întreaga structură – atât partea structurală internă cât și învelișul.

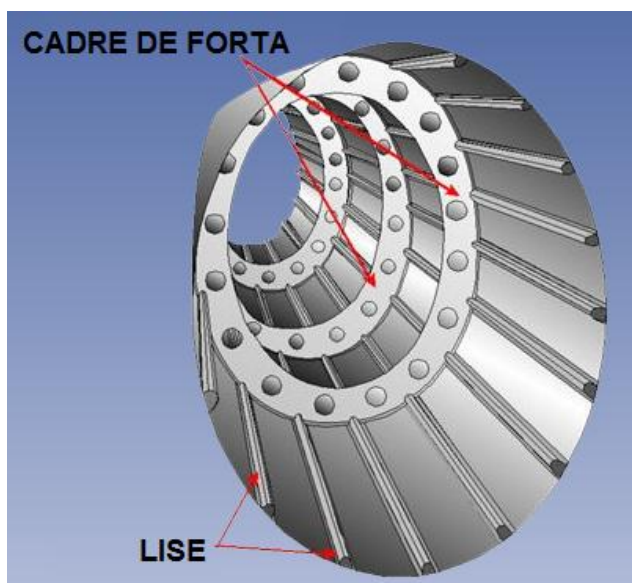


Fig. 1.20. Structura internă a fuselajului

Fuzelajele de ultimă generație au o construcție de tip *monococa* confecționate din materiale compozite (ușoare, cu o mare rezistență) la care nu există o structură internă, toate sarcinile fiind preluate de acest înveliș de tip monostructural.

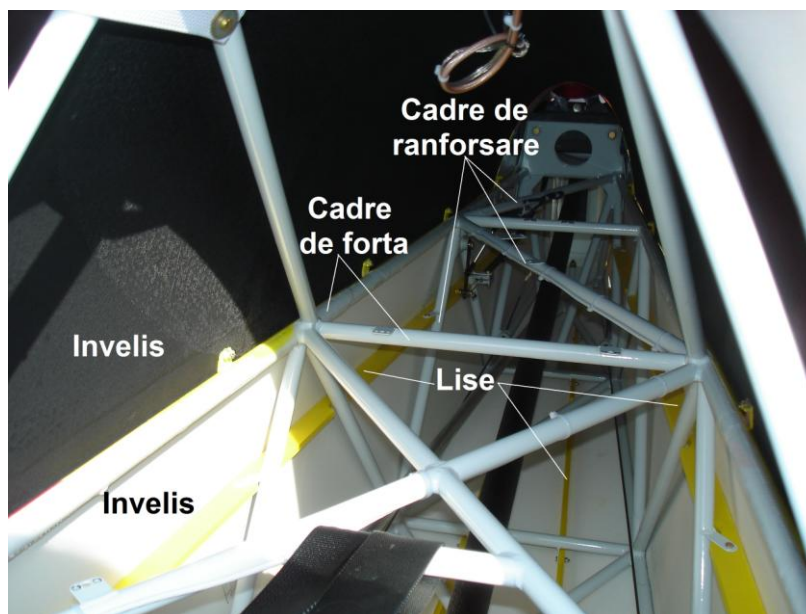


Fig. 1.21. Construcție de tip grinda cu zabrele

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

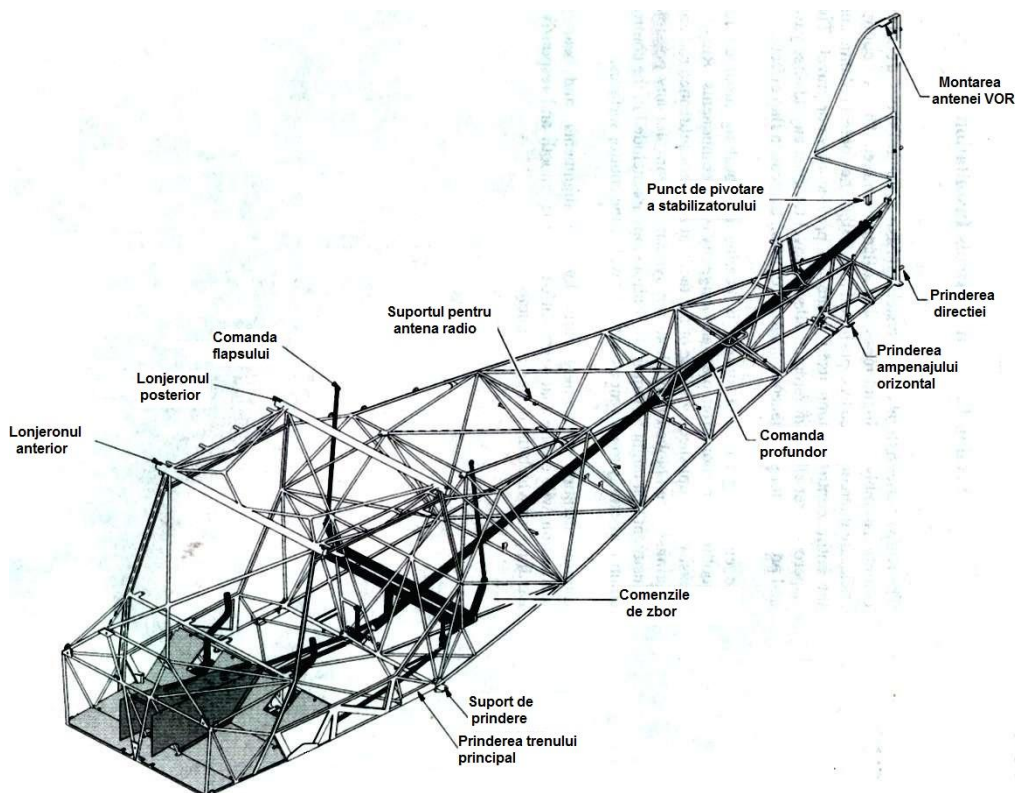


Fig. 1.22. Construcție tipică grinda cu zabrele

Aripa

Aripa este proiectată să genereze portanță, motiv pentru care este expusă la sarcini mari în zbor, care depășesc în evoluții cu mult greutatea avionului. În general, aripa are unul sau mai multe lonjeroane care se prind de fuselaj și care se prelungesc până la varful aripii. Lonjeroanele preiau majoritatea eforturilor din aripa care sunt orientate în sus pentru portanță și în jos pentru greutatea fuselajului și a rezervoarelor de combustibil. Adicional, unele aripi sunt prevăzute cu montanți, care conferă o rezistență suplimentară, preluând o parte din eforturile aripii, transmitându-le fuselajului.

Nervurile sunt poziționate aproximativ perpendicular pe lonjeroane și asistate de lise (paralele cu lonjeroanele), conferind forma profilului aripii; în același timp, rigidizează învelișul care este prins de acestea. Nervurile transmit sarcinile (încărcările) între înveliș și lonjeroane.

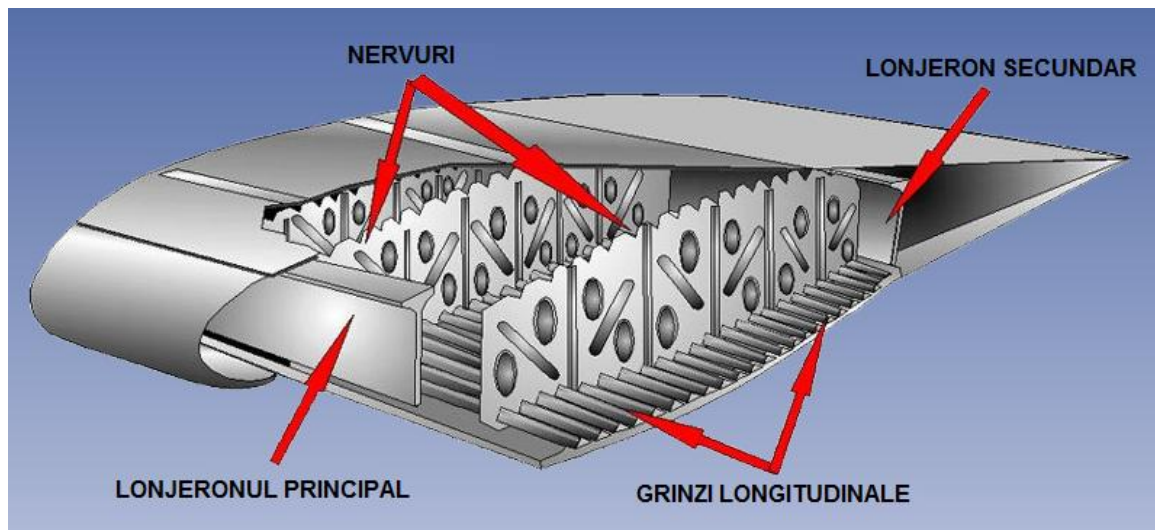


Fig. 1.23. Structura aripii

Monoplanele sunt proiectate cu un singur set de aripi, a căror poziționare dă denumirea de monoplan cu aripa sus, jos sau mediană. IAR 46 S, Zlin 142, DA 20 Katana sunt monoplanuri cu aripa jos; Ikarus C 42, Cessna 172 cu aripa sus, etc. Biplanele ex. AN2, Pitts Special, Tiger Moth sunt proiectate cu două seturi de aripi.



Fig. 1.24. Monoplan și un biplan

Eleroanele și flapsurile

Eleroanele sunt poziționate la bordul de fuga al aripii, către capatul planului și se mișcă în direcții opuse pentru a permite pilotului să controleze mișcarea de raliu. Flapsurile sunt poziționate spre zona de încadrare (prindere) a aripii în fuselaj și se brachează simetric în jos pentru a mări curbura aripii.

La majoritatea avioanelor, aripile contin și rezervoarele de combustibil.

Coadă (Ampenajele)

Ampenajele au în general o construcție similară aripilor și au o parte fixă orizontală (stabilizator) și una fixă verticală (deriva), de care sunt prinse părțile mobile (suprafețele de comandă) profundor (orizontal) și direcție (vertical). Există și alte variante de soluții constructive – dubla deriva, stabilizator monobloc (profundor pendular), în formă de T, etc. Suprafețele de comandă sunt prevăzute cu compensatoare de efort (trimere).

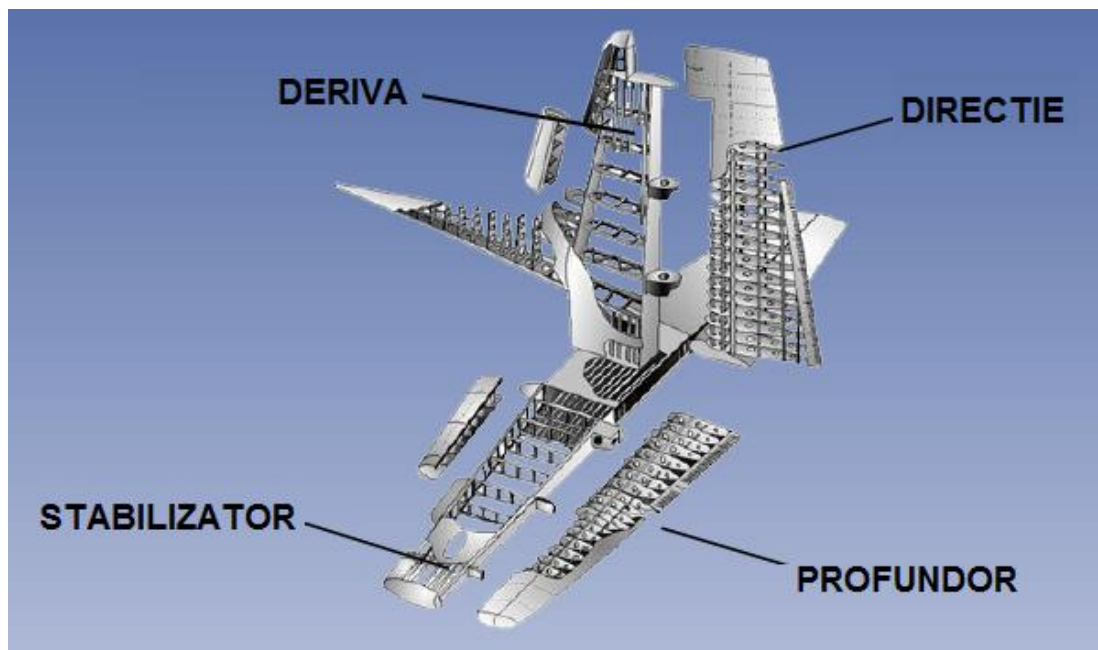


Fig. 1.25. Construcția ampenajelor

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. Suprafețele 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 bracara 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 nevoit sa intervina asupra comenzilor. Aceasta actiune se numeste compensare, prin care trimarul (montat in partea din spate a comenzii 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.

Exista diferite tipuri de flapsuri, insa toate maresc atat portanta cat si rezistenta la inaintare. Cel mai intalnit tip la aeronavele usoare este flapsul simplu.

Bracarea flapsului va creste atat portanta cat si rezistenta la inaintare a aeronavei, dar nu in aceeasi cantitate, marirea portantei fiind mai mare decat a rezistentei la inaintare.



Fig. 1.28 Bracajul flapsului pentru decolare



Fig. 1.29. Bracajul flapsului pentru aterizare

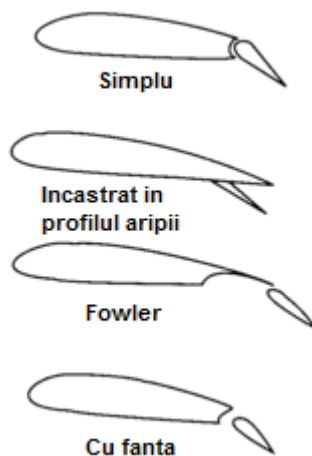


Fig. 1.30. Tipuri de flaps



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 bracărea flapsului este influențată și de tipul de flaps, poziția aripii față de fuselaj și construcția amenajului.



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

1.1.10. Trenul de aterizare

Trenul de aterizare are rolul de a susține greutatea avionului când acesta se afla pe sol, în timpul decolării și la aterizare. **La aeronavele ușoare, cel mai întâlnit este trenul de aterizare fix, neescamotabil.** Deși rezistența la înaintare creată de acest tip este considerabilă, fiabilitatea și simplitatea sa primează.

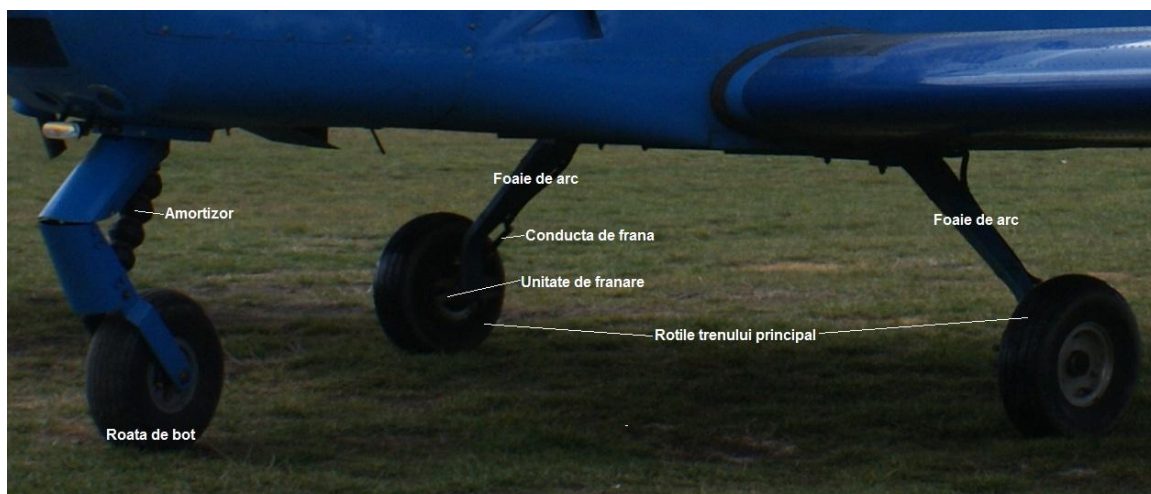


Fig. 1.34 Tren de aterizare Aerostar Festival

Construcția cel mai des întâlnită este sub forma de triciclu (cu roata de bot sau bechie). **Majoritatea avioanelor cu tren de aterizare triciclu au un sistem de orientare al roții de bot sau a bechiei, acționat concomitent cu direcția, prin intermediul palonierelor.** **Rotile principale susțin cea mai mare parte din încărcătura când avionul este la sol,** îndeosebi în timpul decolării și aterizării, și de aceea sunt mai robuste decât roata de bot sau bechia. Ele sunt de obicei atașate de structura principală a avionului. **Majoritatea avioanelor au sistem de franare pe roțile trenului principal.** Există trei tipuri de fixare a trenului de aterizare:

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

Trenul de aterizare escamotabil

Avioanele mai avansate au tren de aterizare retractabil (escamotabil); majoritatea avioanelor de școală 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 acționată mecanic (IAR 46 S), printr-un sistem hidraulic, pneumatic sau electric (Zlin 526F).

1.1.11. Roata de bot și direcția

Roata de bot este mai ușoară decât roțile 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 mișcările telescopice înăuntru și în afara unității oleo-pneumatice pentru amortizarea socurilor. Când avionul este parcat, o anumită lungime din cursa amortizorului hidraulic ar trebui să fie vizibilă (depinzând într-o anumită măsură de încărcarea avionului) și acest aspect ar trebui verificat la inspecția externă dinaintea zborului.

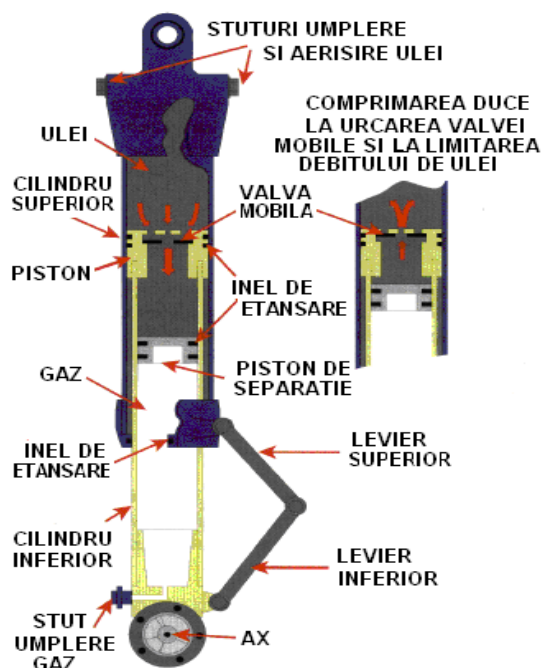


Fig. 1.38.

Aspectele de verificat sunt:

- extensia corectă a amortizorului când susține greutatea avionului;
- secțiunea lustruită a amortizorului hidraulic, să fie curată (pentru a evita uzura rapidă a simeringurilor amortizorului în timpul miscării telescopice a barei hidraulice); și
- să nu existe scurgeri de lichid.

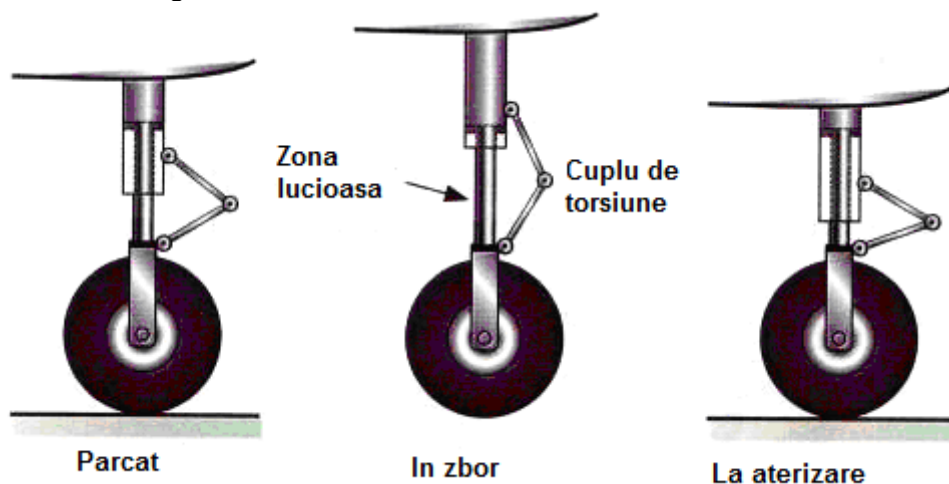


Fig. 1.39. Unitatea oleo-pneumatica

O legatură de torsiune este folosită pe ansamblul roții de bot pentru a alinia corect roata de bot.

Unele avioane au comanda roții de bot corelată cu mișcarea direcției, permitând astfel un control direcțional mai mare când se rulează pe pista.

Din cauza flexibilității pneurilor, o oscilație rapidă, sinusoidală și instabilă (cunoscută ca **shimmy**) poate să apară în sistemul de ghidare al trenului de aterizare. Această mișcare în exces, în special la viteze mari, se poate transmite și structurii aeronavei, fapt ce poate fi periculos. Atât uzura lagarelor roților cât 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 oscilație, o mica unitate cilindru-piston care amortizeaza oscilațiile si previne vibrațiile.

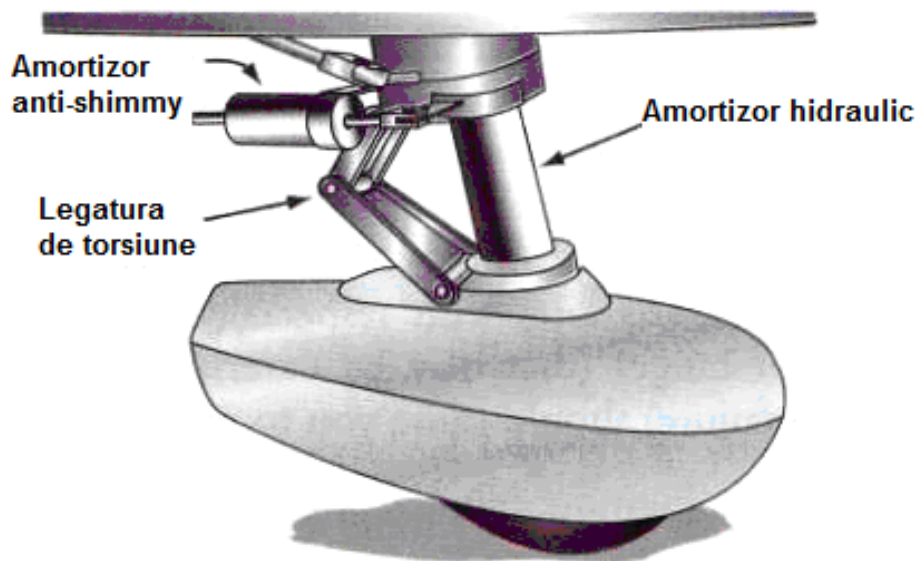


Fig. 1.40. Amortizor anti-shimmy

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.

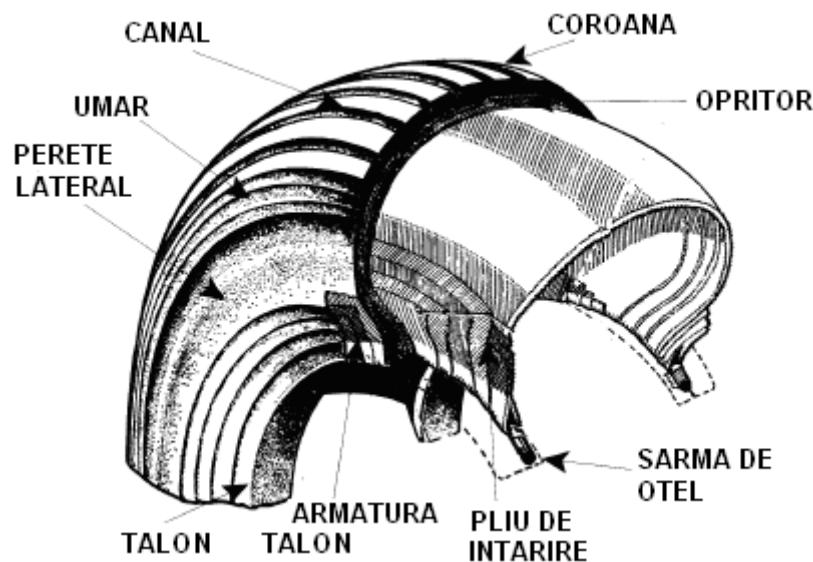


Fig. 1.41.

In timpul procedurilor normale poate, de asemenea, sa apara alunecarea cauciucului pe janta din cauza ca acesta este forțat 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.

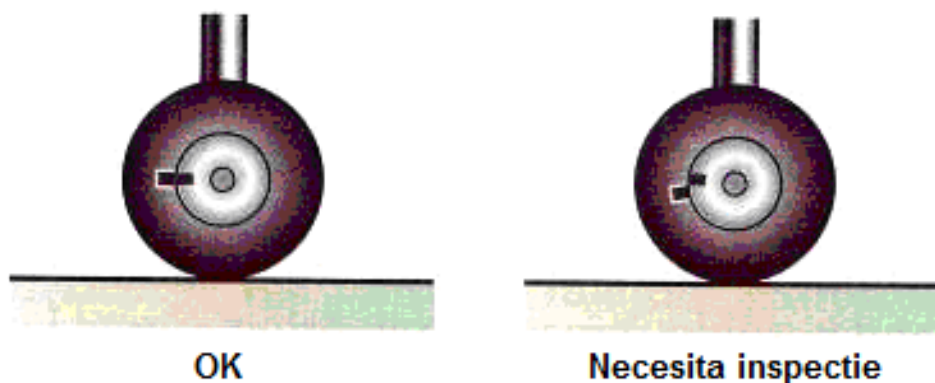


Fig. 1.42. Semnele de pe flansa rotii si de pe cauciuc usureaza inspectia vizuala in caz de alunecare, alungire, deformare

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 hidraulică

Hidraulica se ocupa cu studiul fenomenelor si interaciunilor ce se produc in medii fluide (lichide sau gazoase). Hidraulica se poate clasifica in hidrostatica, ce studiaza fenomenele si interaciunile intr-un fluid ce nu este in miscare, si hidrodinamica ce studiaza fenomenele si interaciunile intr-un fluid ce este in miscare.

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

$$p = F/A$$

Presiunea, in Sistemul International se masoara in Pascal (1 Pascal = 1 Newton / 1 m²). Se pot folosi, in functie de circumstante si alte unitati de masura pentru presiune cum ar fi: barr, torr, atmosfera, mmHg, inHg, kgf/cm², pound/square inch (psi), precum si multipli ale acestor marimi.

Legea lui Pascal stabileste faptul ca presiunea in interiorul unui fluid este aceeași in orice directie.

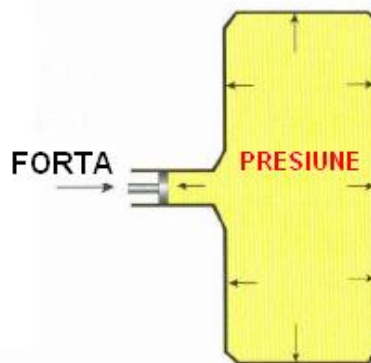


Fig. 1.44.

Ca prima aplicatie a Legii lui Pascal, avem sistemul amplificatorului de forta hidrostatic, care, conform Legii lui Bramah, stabileste ca forta pe un piston este proportionala cu aria pistonului, iar lucrul mecanic efectuat de pistoane este acelasi, in cazul unui sistem hydraulic (hidrostatic) echilibrat.

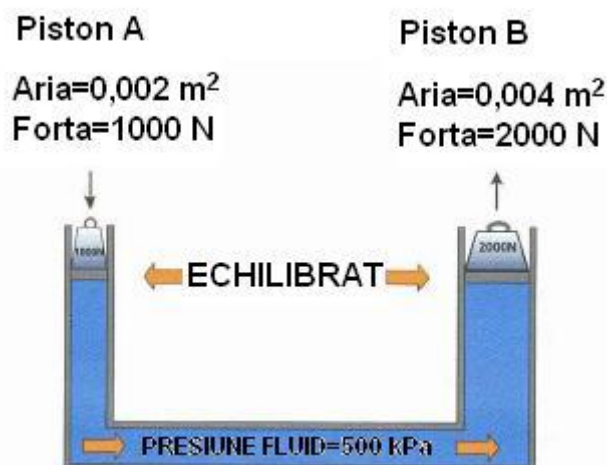


Fig. 1.45.

Pe acest principiu se bazează funcționarea sistemului hidraulic de frânare, folosit cu preponderență pentru avioanele de mici dimensiuni.

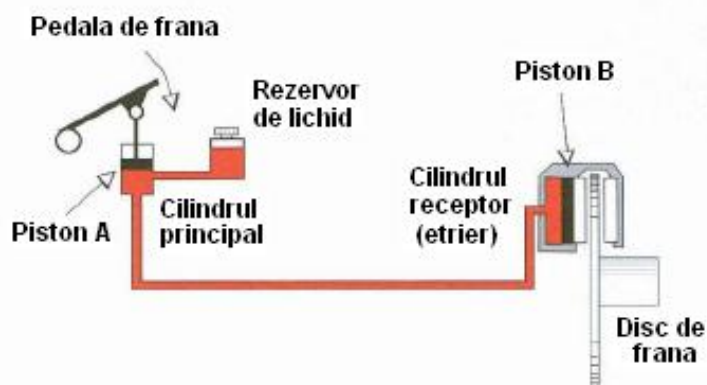


Fig. 1.46.

Majoritatea avioanelor de antrenament dispun de frâne pe disc montate la roțile trenului principal. Acestea sunt acționate hidraulic de pedalele situate deasupra comenzilor direcției. Presarea franei de la piciorul stâng va încetini roata principală stângă și apăsarea franei de la piciorul drept va încetini roata principală dreaptă. Folosite separat oferă frânări diferențiale, folosite pentru manevre la sol; folosite împreună, oferă o frânare normală.

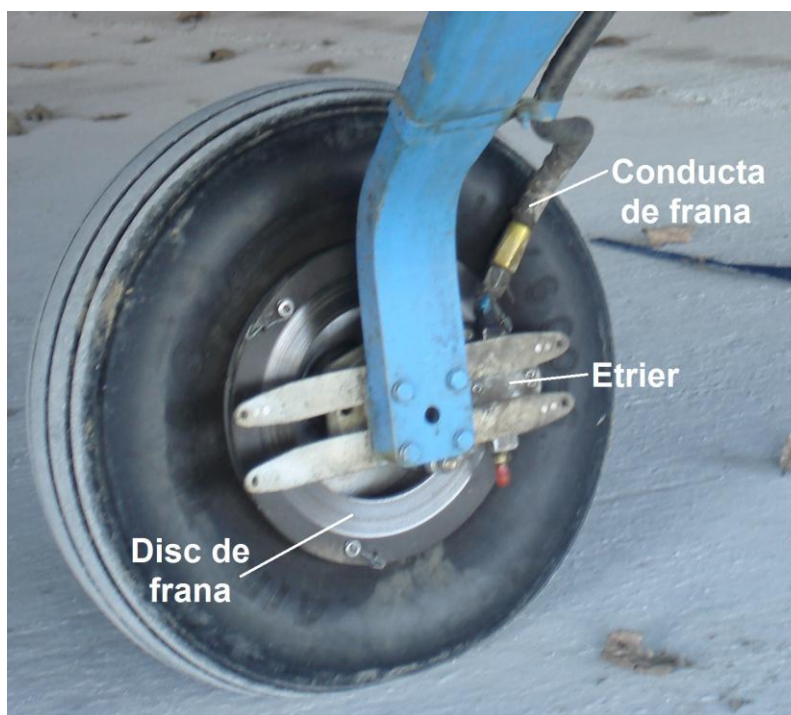


Fig. 1.47. Sistem de frână Aerostar Festival

Un sistem tipic implică lichid hidraulic și un cilindru principal separat pentru fiecare frână. Când este apăsată frâna de pe o singură parte, această presiune este transmisă de fluidul hidraulic la un cilindru inferior care acționează plăcuțele de frână pe disc. Acesta, care aparține ansamblului roții, își micșorează numărul de rotații, încetinind, astfel, aeronava.

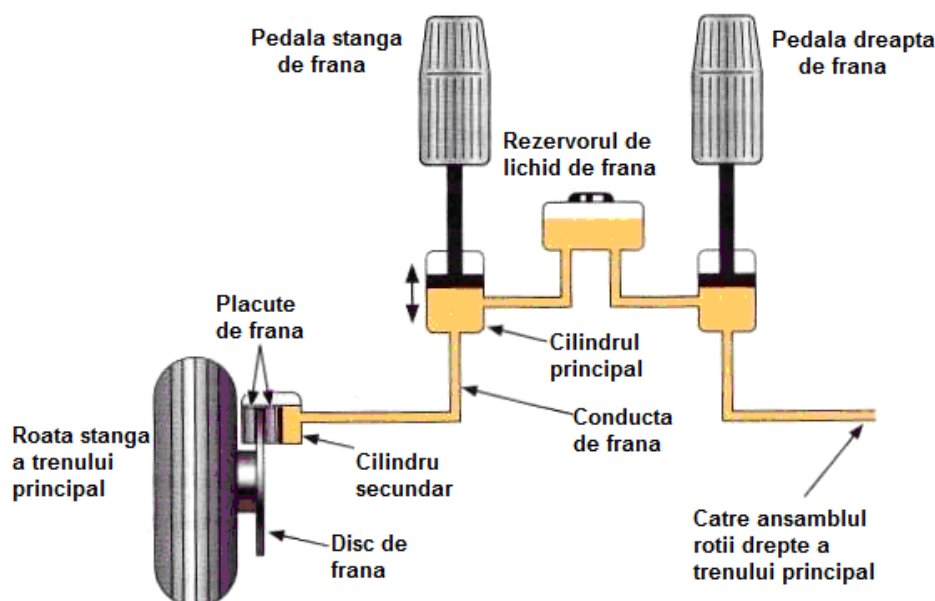


Fig. 1.48. Sistem de franare hidraulic

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

În timpul inspecției de dinaintea zborului, trebuie verificate franele pentru a se asigura de funcționarea lor:

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

Un disc sever ruginit sau gaurit va cauza o uzura rapidă a placutelor de frana și reducerea eficienței lor. Într-un caz extrem, discul se poate chiar strica din punct de vedere structural. Scurgerile lichide de la frana sau cilindri indica un sistem cu probleme care poate să nu ofere frânare eficientă. Orice probleme de frânare ar trebui rectificate înainte de zbor.

Ca urmare a unei inspecții externe satisfăcătoare, trebuie în continuare testate franele imediat după ce avionul se pune în mișcare prima dată. Uzura franei poate fi micșorată prin folosirea rațională a franelor în timpul manevrelor la sol. Acționarea franelor pe roata este recomandată sub o anumită viteză, diferită pentru fiecare tip de aeronavă.

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-va 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.

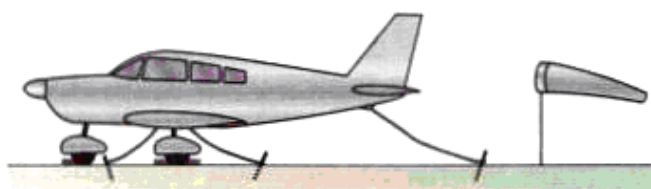
Attentionare: La inspectia aeronavei inainte de zbor acestea trebuie inlaturate!

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 aerodroamelor 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-va, asadar, ca tensionarea cablurilor de ancorare este cea potrivita.

Acoperirea tubului pitot

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

Atentionare: La controlul inainte de zbor trebuie inlaturata husa.

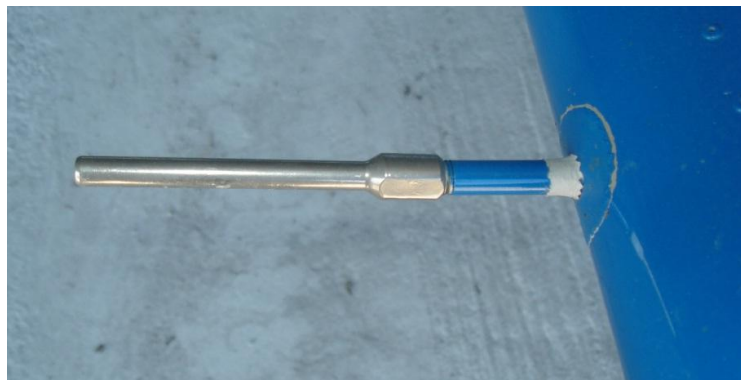


Fig. 1.50. Priza presiune totala Aerostar Festival



Fig. 1.51. Priza presiune totala 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).

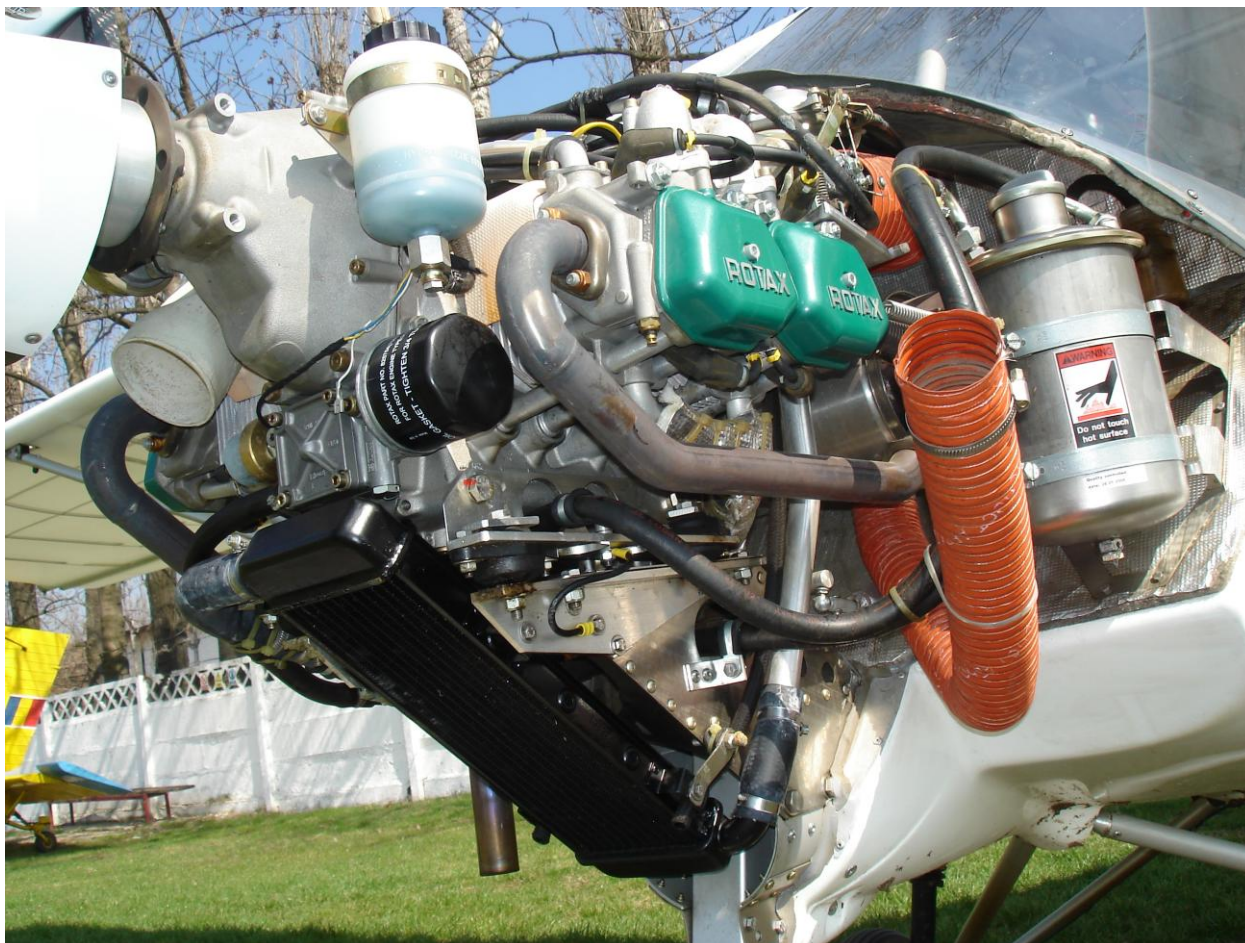


Fig. 2.1. Motor cu piston Rotax 912 – Ikarus C 42

2.1.1. Principiile de bază ale motorului cu piston

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

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

2.1.2. Construcția generală



Motorul cu piston are multe variante constructive din care multe sunt proprii echipării avioanelor. **Tipurile de motoare** mai vechi aveau cilindri dispusi radial in jurul arborelui cotit – ex: AN2. Motoarele radiale, denumite si in stea, au un excelent raport putere/greutate in gama de puteri mari necesare pentru operatiuni precum lucrul agricol.

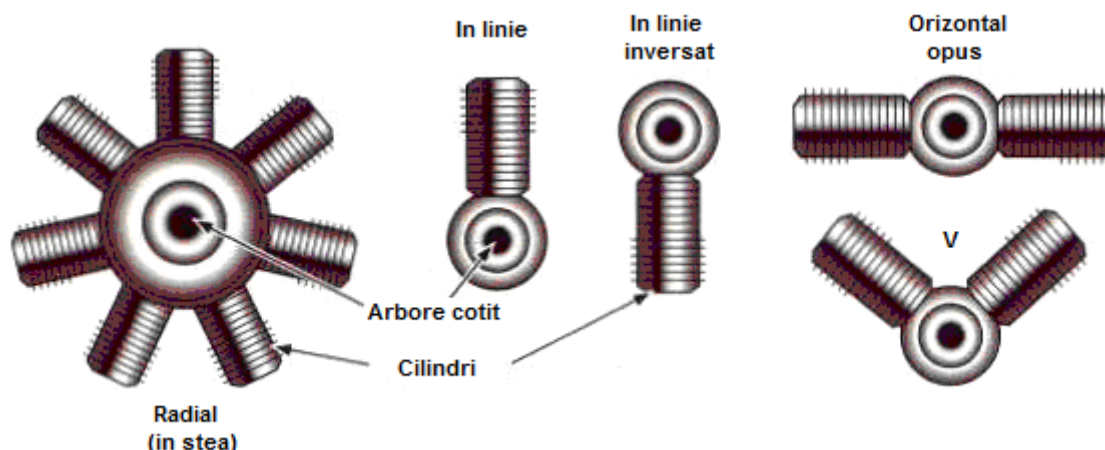


Fig. 2.2. **Tipuri de motoare cu piston**

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

Ridicarea liniei de forta intr-o pozitie corespunzatoare din considerente de proiectare au pozitionat cilindrii si implicit corpul motorului intr-o pozitie foarte inalta. Acest fapt a obstructionat vizibilitatea pilotului. Un alt dezavantaj la aceasta varianta este garda foarte mica a elicei fata de sol, fapt care determina necesitatea unor jambas foarte lungi. Cea mai simpla solutie in rezolvarea acestor probleme a fost inversarea cilindrilor astfel incat arborele cotit sa fie deasupra.

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

Pistonul culisand in cilindru reprezinta unul din peretii camerei de combustie. **Pistonul este prevazut cu segmenti care etanseaza pistonul in cilindru prevenind orice pierdere de putere prin lateralele pistonului precum si trecerea uleiului in camera de ardere.**

Arborele cotit si biela transforma miscarea in linie a pistonului in miscare de rotatie. Totodata, arborele cotit preia puterea de la toti cilindrii si o transfera la elice. Biela face legatura intre arborele cotit si piston. Supapa (valva) de admisie permite intrarea amestecului carburant in cilindru. Cilindrul formeaza restul camerei in care amestecul combustibil este comprimat si ars. Supapa (valva) de evacuare permite gazelor arse sa iasa din cilindru dupa combustia acestora. Bujii aprind amestecul combustibil.

Unul din cele mai uzuale motoare clasice folosite in prezent este motorul cu patru, sase sau opt cilindri dispusi orizontal si opusi.

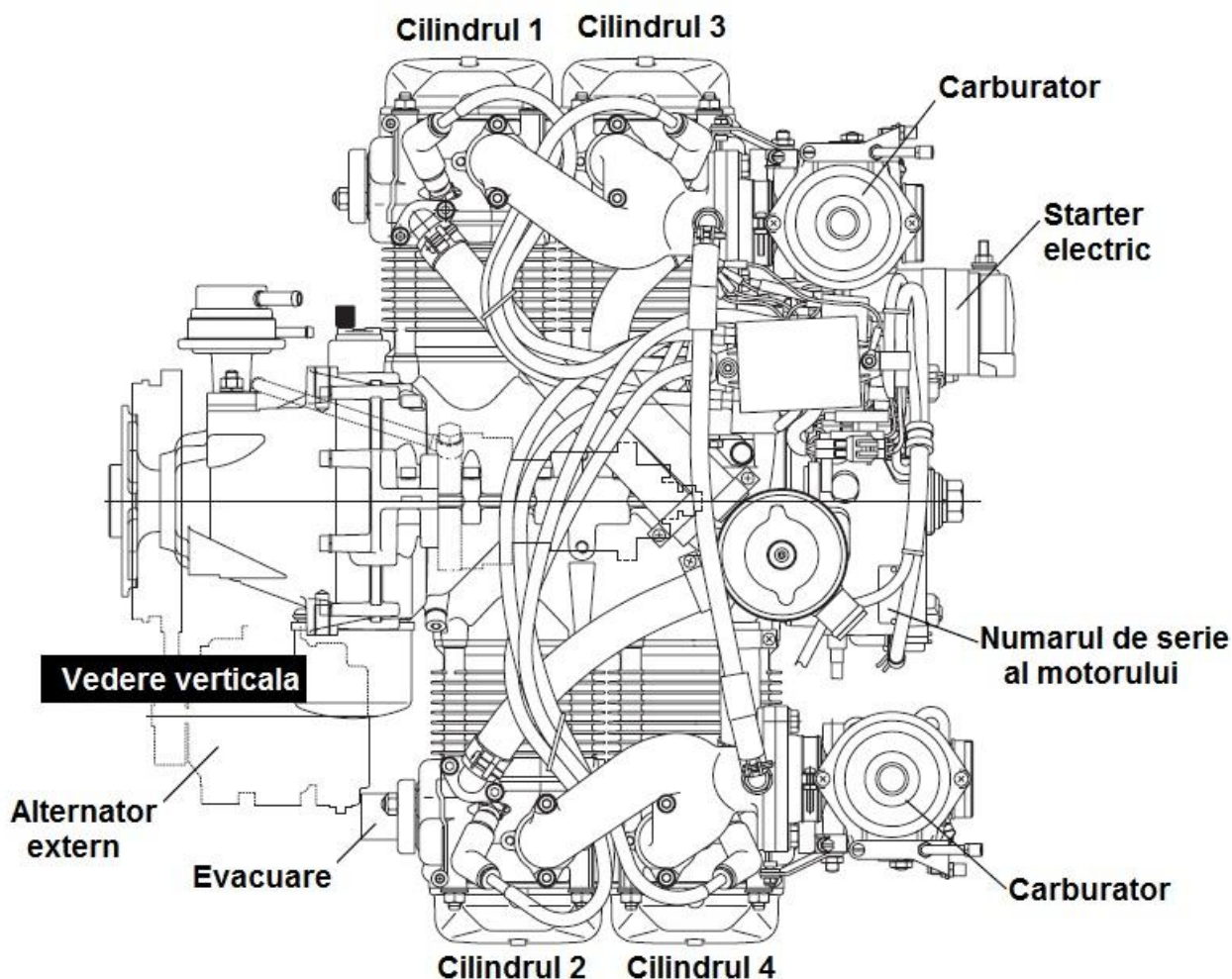


Fig. 2.3. Motor cu piston Rotax 912

2.1.3. **Ciclul motorului in patru timpi**

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

Nikolaus Otto a descris si dezvoltat acest motor in 1876, astfel incat acest ciclu in patru timpi este cunoscut ca fiind ciclul Otto.

Cei patru timpi sunt:

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



Admisia reprezinta timpul in care amestecul este aspirat in cilindru. Pistonul culiseaza de la punctul mort superior (PMS) catre punctul mort inferior (PMI) creand o depresiune in cilindru. Acest fapt face ca fluxul de aer din sistemul de admisie, trecand prin carburator (unde benzina este dozata si amestecata cu aer, rezultand amestecul carburant) sa fie aspirat in cilindru prin supapa de admisie care este deschisa.



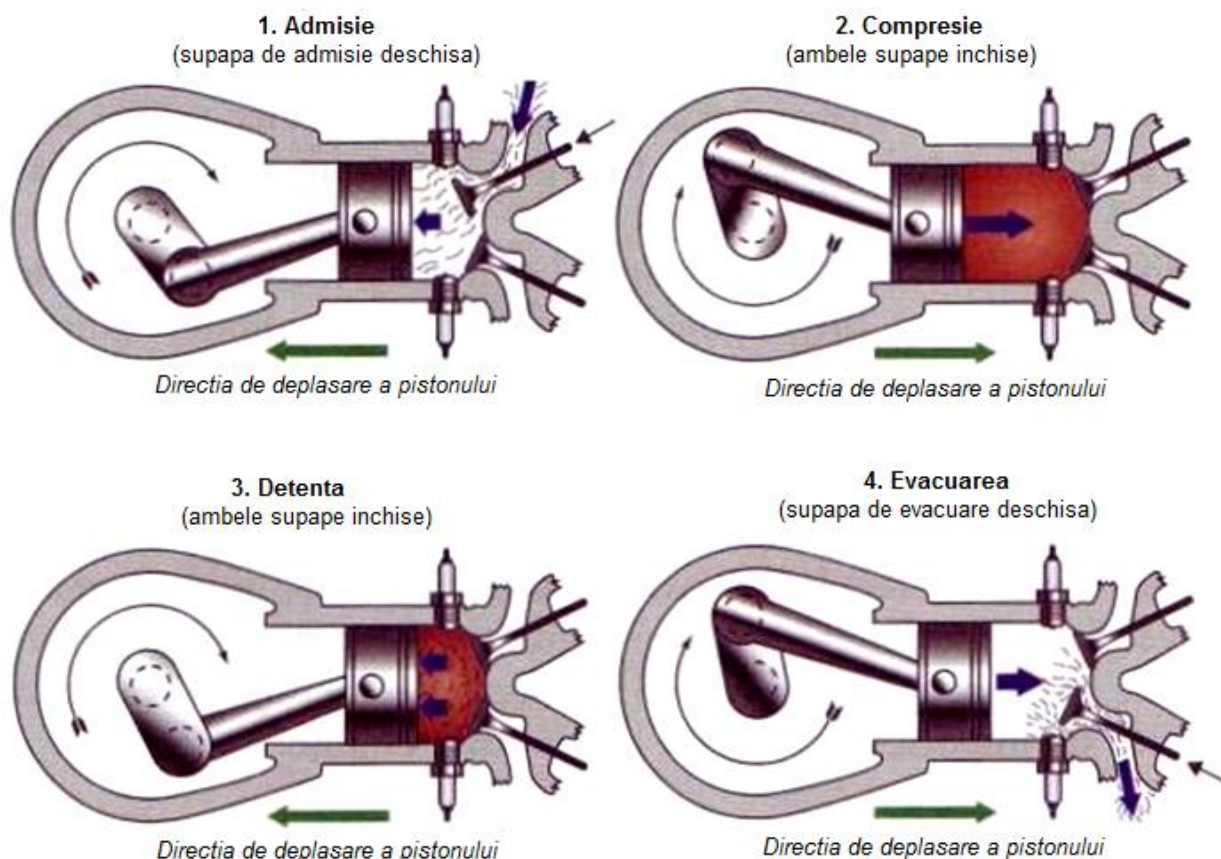


Fig. 2.4. Cei patru timpi ai unui motor cu piston

La începutul compresiei, supapa de admisie se închide și pistonul se întoarce către PMS, mărind astfel progresiv presiunea amestecului și implicit temperatura acestuia. La sfârșitul timpului (etapei) de compresie, amestecul este aprins de o descarcare electrică (scanteie) produsă între electrozii bujiei, inițiindu-se astfel arderea progresivă a amestecului (combustia). Acest fapt produce extinderea gazelor creându-se astfel o presiune mare ce se exercită pe capul pistonului care în acest moment a trecut de varful cursei și este împins înapoi în cilindru în timpul de ardere. Exact înainte de terminarea arderii, supapa de evacuare se deschide și gazele arse sunt forțate să iasă prin sistemul de evacuare în atmosferă.

Când pistonul se apropie din nou de PMS în timp ce ultimele gaze arse sunt evacuate, supapa de admisie se deschide și cea de evacuare se închide, inițiindu-se astfel din nou primul timp-admisia, și ciclul se reia.

De notat că într-un ciclu Otto complet din cei patru timpi doar unul dezvoltă putere cu toate că arborele cotit (care transmite puterea la elice) se rotește 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 poziții pe parcursul rotației arborelui cotit. Aceste esalonari (spatieri) sunt egale astfel încât, la un motor cu patru cilindri (des întâlnit la avioanele de școală), arborele cotit va primi în două rotații complete putere de la patru timpi diferiți de ardere – câte unul de la fiecare cilindru. În cazul unui motor cu șase cilindri vor fi șase timpi de ardere pe parcursul a două rotații.

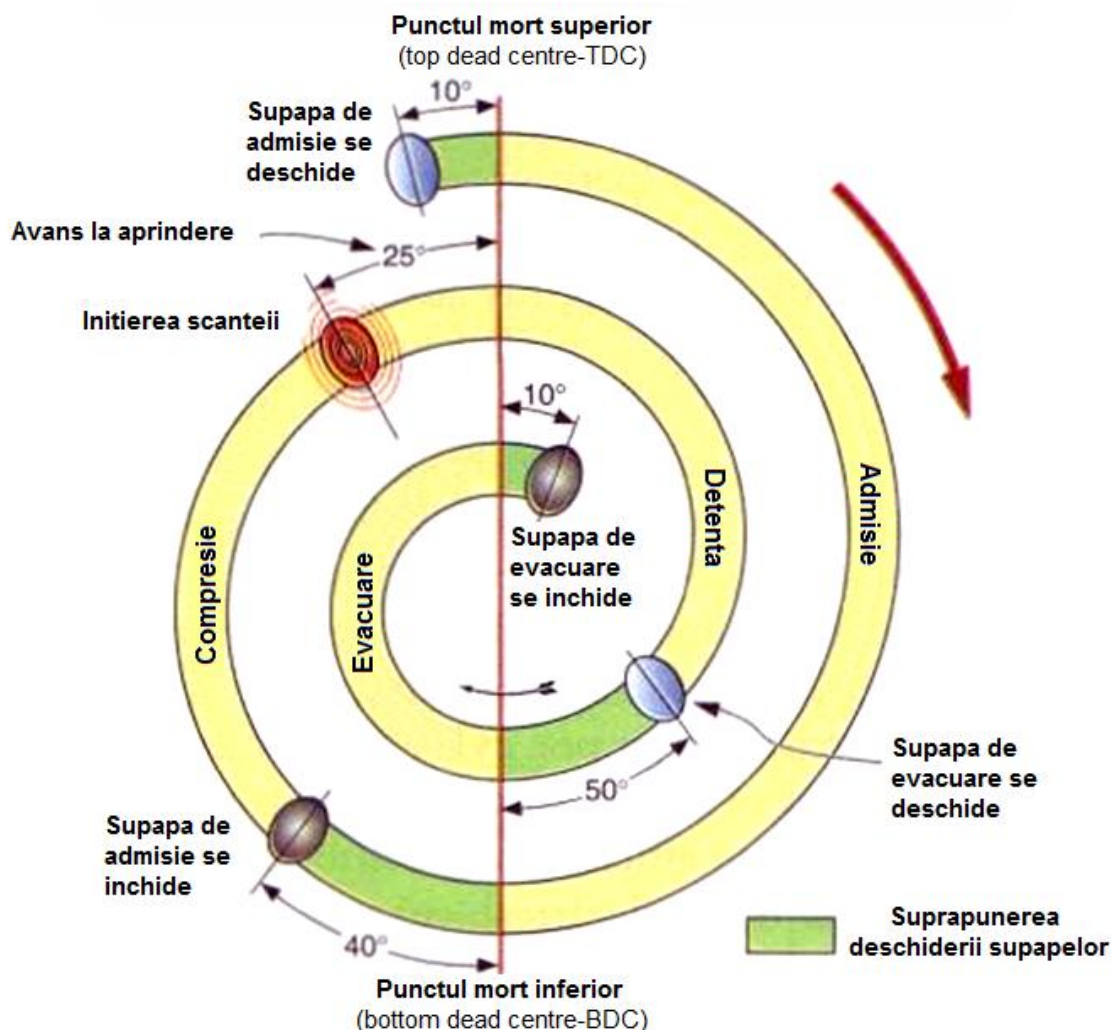


Fig. 2.5. Suprapunerea deschiderii supapelor la motorul in patru timpi

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 jumatate din viteza de rotatie a arborelui cotit si actioneaza culbutorii (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.

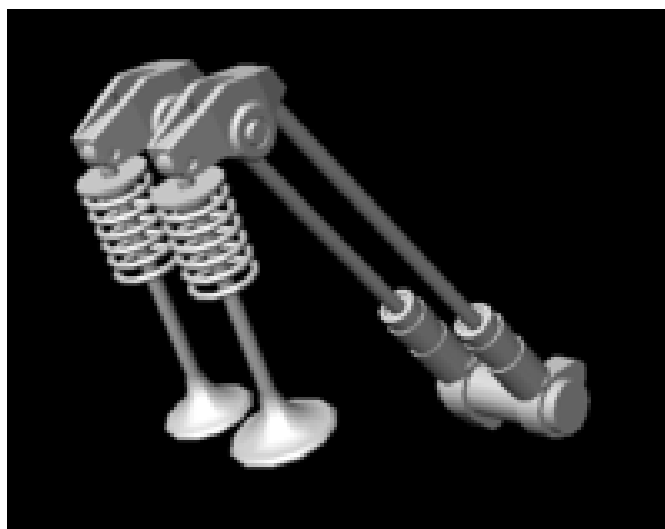


Fig. 2.6. Supape

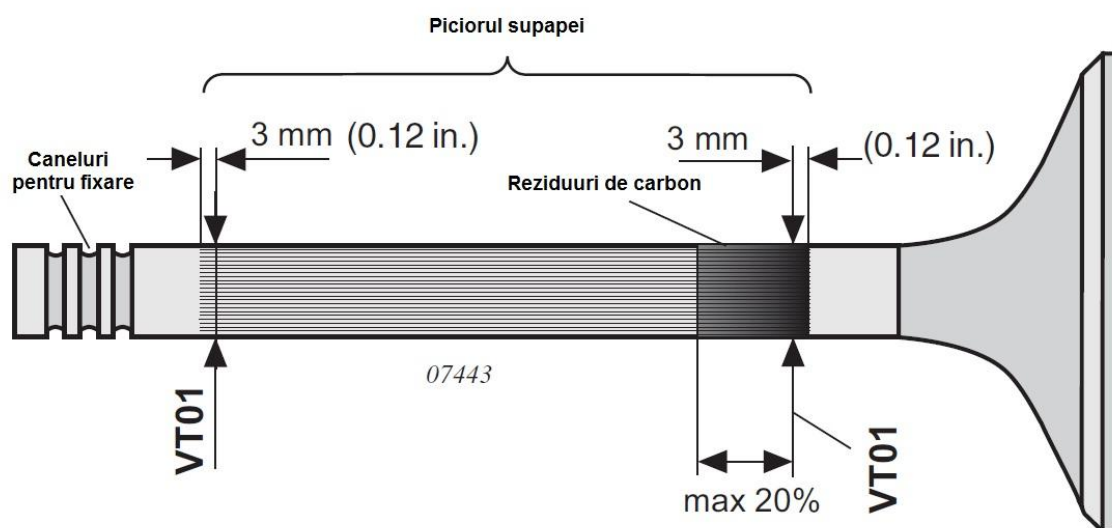


Fig. 2.7. Supapa motor Rotax 912

Uzual viteza de rotație a motorului în regim de lucru este de 2400 rotații pe minut. Fiecare supapă de admisie se deschide și se închide odată la patru curse ale pistonului, adică odată la două rotații complete a arborelui cotit. Prin urmare axa cu came se rotește cu jumătate din viteza arborelui cotit. La 2400 rot/min fiecare supapă se deschide și închide de 1200 ori pe minut – de 20 de ori pe secundă.

Puterea pe care o dezvoltă motorul depinde de cantitatea de amestec care poate fi introdusă în cilindru în timpul admisiei, durata acestui proces fiind foarte scurtă.

Supapa de admisie deschizându-se exact înainte ca pistonul să atingă PMS și închizându-se imediat după ce pistonul trece de PMI determină timpul de admisie extins astfel la maximum. Aceste momente se numesc atacul supapei și eliberarea supapei.

Similar, supapa de evacuare se deschide imediat înainte de PMI și se închide imediat după PMS pentru timpul patru (de evacuare) și începutul timpului de admisie.

De notat că, pentru o foarte scurtă perioadă de timp, la startul timpului de admisie, gazele arse sunt încă în timpul eliminării din cilindru (cu supapa de evacuare deschisă), în timp ce amestecul proaspăt începe să intre prin supapa deschisă de admisie. Această scurtă perioadă când ambele supape (admisie și evacuare) sunt deschise se numește suprapunerea deschiderii supapelor.

Arderea

O scanteie de înaltă tensiune este produsă în cilindru cu puțin înainte ca pistonul să atingă PMS și să înceapă timpul de ardere. Această scanteie ușor devansată permite inițierea unui front de flacără controlat care începe să se deplaseze prin amestecul care a fost comprimat în cilindru. Gazele încep să se distindă datorită arderii și exercită o presiune foarte mare asupra pistonului pe perioada coborârii acestuia în cilindru în timpul trei al ciclului (al arderii). Scopul sistemului de aprindere este să producă scanteia temporizată pentru fiecare cilindru.

Majoritatea motoarelor de aviație au sistemul de aprindere dual (și independent), care funcționează în paralel unul cu celălalt, fiecare sistem alimentând una din cele două bujii montate pe fiecare cilindru. Acest sistem dual este mai sigur în cazul cedării unuia din sisteme și permite o creștere a randamentului arderii.

Curentul electric de înaltă tensiune necesar alimentării bujiilor este produs de componentele motorului numite magnetouri, câte un magnetou pentru fiecare din cele două sisteme de aprindere. Fiecare magnetou este antrenat mecanic de motor și generează curent electric care este distribuit la bujii la momentul exact.

Magnetoul constă dintr-un magnet care este rotit (în interiorul carcasei sale) în apropierea unui conductor care are o înfășurare în jurul său. Rotăția magnetului induce un curent electric în înfășurare. În jurul acestei înfășurări primare se afla înfășurarea secundară care are un număr mult mai mare de spire – un transformator – care transformă voltajul primarului într-un curent de voltaj mult mai mare. Această înaltă tensiune este direcționată să alimenteze fiecare bujie la momentul potrivit, producând o scanteie între electrozii acesteia care inițiază aprinderea amestecului comprimat în camera de ardere.

Temporizarea producerii scanteii este esențială. Fiecare magnetou are un set de contactori (ruptorul) care sunt forțați să se deschidă și să se închidă de către o camă care este parte a axului magnetului care se rotește. Întrerupătorul face parte din circuitul primar și când se deschide întrerupe curentul care trece prin acesta. Caderea bruscă a curentului din circuitul primar (ajutată de un condensator sau capacitor plasat între ploti) induce înaltă tensiune necesară în înfășurarea secundară.

Bujia este plasată în circuitul secundar și tensiunea înaltă – cca 20.000 volți – dintre electrozi cauzează producerea scanteii.

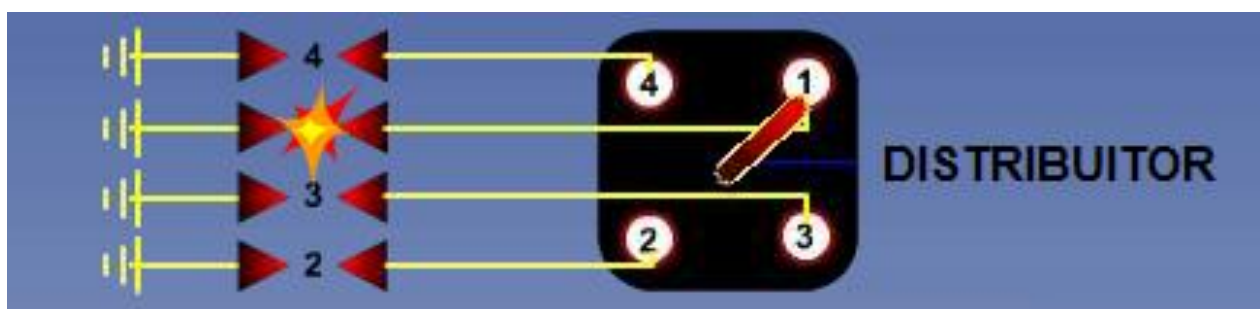


Fig. 2.8. Distribuitor

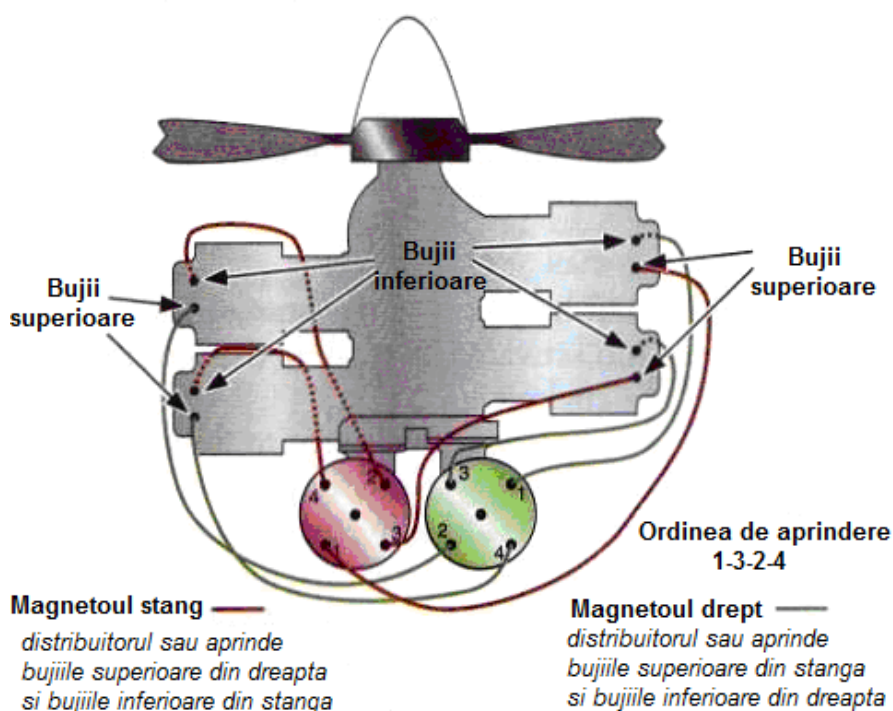


Fig. 2.9. Sistemul de aprindere

Cum ciclul fiecarui cilindru este defazat fata de ale celorlalti, curentul trebuie sa fie distribuit catre fiecare bujie la momentul exact (putin inainte de inceperea arderii). Distribuitorul este componenta magnetoului care indeplineste aceasta functie.

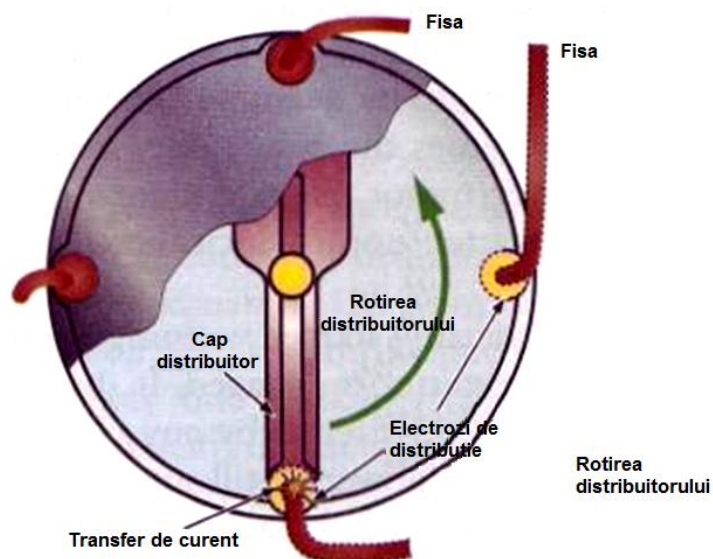


Fig. 2.10. Distribuirea scanteii pentru fiecare cilindru

Amestecul carburant din fiecare cilindru se aprinde odata la fiecare doua rotatii ale arborelui cotit si distribuitorul are un rotor a carui rotatie este demultiplicata fata de cea a arborelui cotit, astfel incat acesta se roteste complet odata la fiecare doua rotatii complete ale arborelui. Cu alte cuvinte, rotorul distribuitorului face o turatie completa pe tot ciclul de patru timpi al motorului. Odata la fiecare rotatie rotorul distribuitorului distribuie curentul de inalta tensiune din circuitul secundar fiecarui cilindru in ordinea corecta a arderii.

Circuite separate pentru bujiile aparținând aceluiași sistem de aprindere (una pe cilindru) pleacă din terminale 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 mării). Unul din obiectivele inspecției înainte de zbor este o verificare vizuală a izolației cablajului aprinderii (eventuală existență a crapăturilor sau exfolierilor datorate căldurii, etc.).

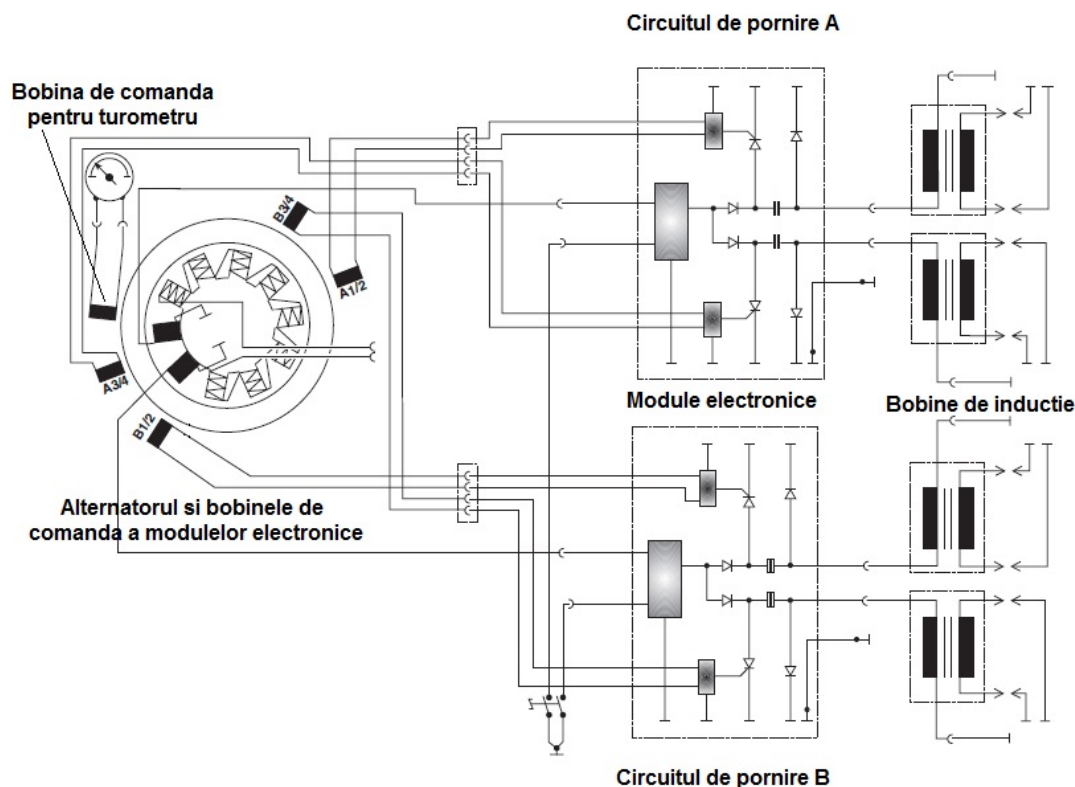


Fig. 2.11. Sistem de aprindere motor Rotax 912

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 scapări de gaze care să se infiltreze în cabină, deoarece acestea conțin monoxid de carbon, un gaz incolor și inodor care este dificil de detectat dar care poate cauza inconștiența sau moartea.



2.2. Sistemul de racire al motorului

Motorul cu piston transforma energia chimică a combustibilului în căldură și energie de presiune prin combustie, iar aceasta este mai departe transformată în energie mecanică pentru a roti elicea. Transferul de energie mecanică nu este complet și perfect. Pierderile de energie precum căldura și zgomotul pot totaliza mai mult decât jumătate din energia totală a combustibilului.

Arderea amestecului carburant în cilindrii motorului și fricțiunea partilor sale aflate în mișcare au ca rezultat încălzirea motorului. Temperaturile excesiv de mari ale motorului ar trebui evitate deoarece ele vor:

- a) reduce eficiența sistemului de ungere;
- b) afecta arderea amestecului carburant în mod advers;
- c) cauza detonatii în cilindri;
- d) slăbi componentele motorului și vor scurta viața motorului.

2.2.1. Racirea cu aer

Majoritatea motoarelor avioanelor moderne ușoare sunt racite cu aer prin expunerea cilindrilor și a aripioarelor de racire la un curent de aer. Aripioarele de racire cresc suprafața expusă curentului de aer pentru a permite o racire mai bună.

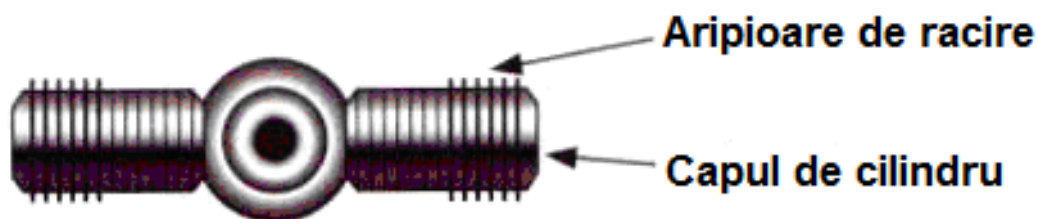


Fig. 2.12. Aripioarele de racire la un motor cu cilindri orizontali opusi

Când curentul de aer trece în jurul unui cilindru poate deveni turbulent și se poate rupe într-o asemenea manieră încât să apară o racire inegală, formând puncte de căldură locale, slab racite. Pentru a evita această racire inegală, fantele capotei motorului în partea din față preiau aerul din zona de înaltă presiune din spatele elicei și îl distribuie cât se poate de egal în jurul cilindrilor, unele motoare având în acest scop prevăzute defletoare de curent de aer. După racirea motorului, aerul iese prin fante special prevăzute în partea din spate a motorului.

Racirea aerului este cel mai puțin eficientă la regimuri mari de funcționare și viteză redusă a aerului, de exemplu la decolare. Regimul ridicat de putere produce multă căldură și viteza de aer scăzută oferă numai un curent de aer redus care să ajute la racire. La viteze de aer ridicate și regimuri scăzute de putere, ca de exemplu la coborâre, racirea poate fi prea eficientă.

2.2.2. Sistemul de racire

Unele avioane au încastrate în capotele motorului, voletii reglabili pentru racire care pot fi acționați (electric sau manual) din cabină, oferindu-i pilotului mai mult control asupra racirii motorului. Voletii deschiși permit unei cantități mai mari de aer să iasă din compartimentul motorului. Aceasta cauzează un curent de aer crescut peste și în jurul motorului. Voletii deschiși fac ca rezistența la înaintare să crească (uneori este menționată ca "rezistență de racire"). Voletii închise vor reduce curentul de aer în comparație cu atunci când sunt deschiși, reducând astfel racirea motorului.

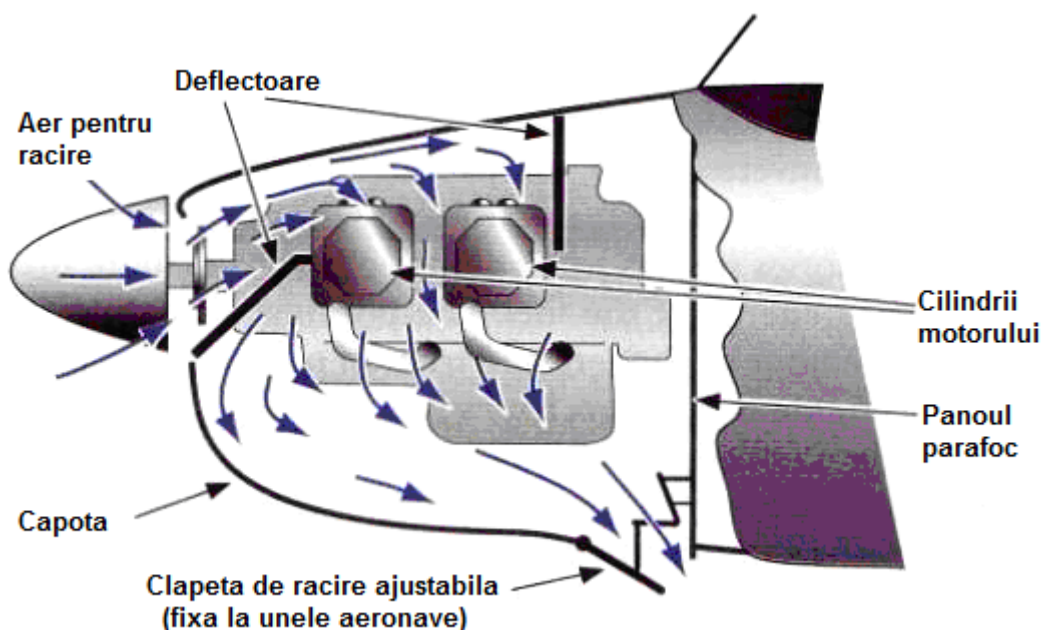


Fig. 2.13. Clapeta de racire si racirea motorului

Voletii de racire trebuie folositi cu atentie in cantitati mici, tinind cont de conditiile ambientale. De obicei sunt deschisi pentru decolare, partial 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.

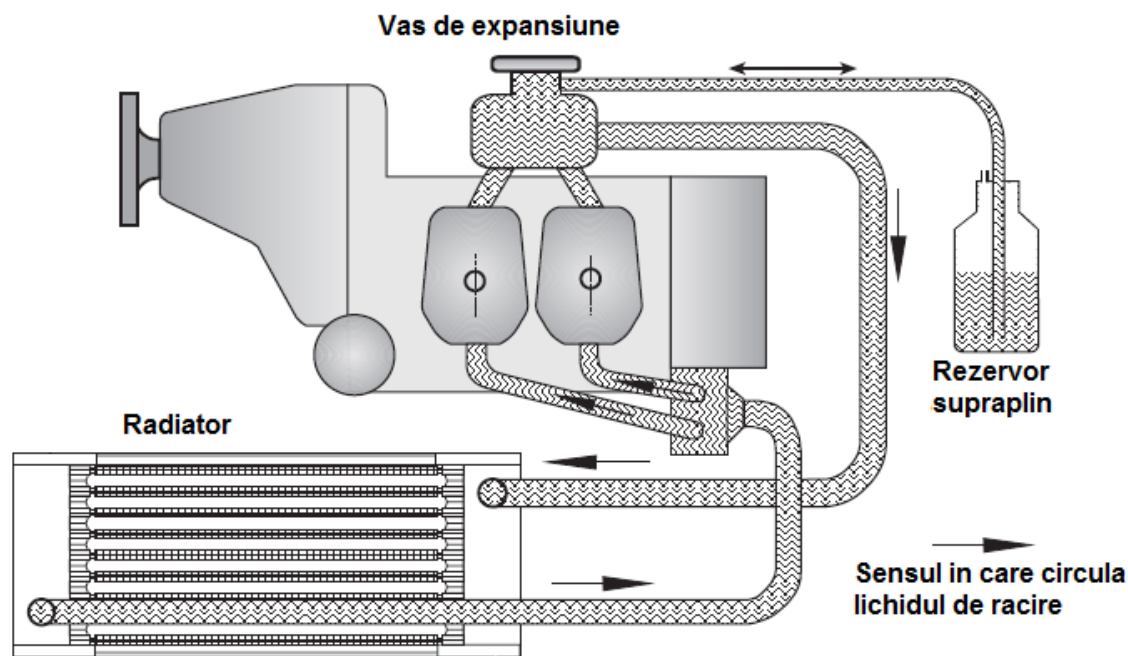


Fig. 2.14. Sistemul de racire cu lichid de racire

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 incepind 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 ca sistemele de ventilare sunt prevăzute și cu posibilitatea dezaburirii și degivrării parbrizului.

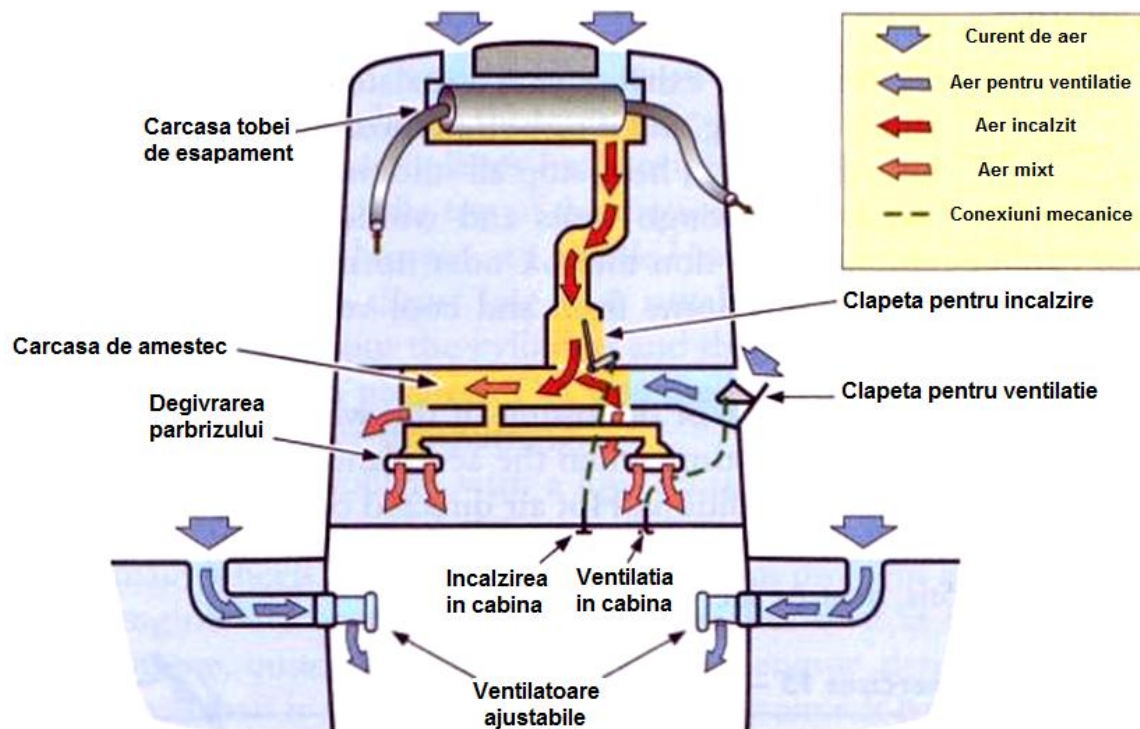


Fig. 2.16. Ventilarea cabinei, incalzirea și degivrarea

O ventilare bună este esențială pentru a asigura aprovizionarea ocupanților cu aer proaspăt. Directionarea curentului de aer din cabina către pasageri este utilă pentru a preveni și combate răul (disconfortul) de mișcare.

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 cald cu aer rece din sistemul de ventilare. Incalzirea cabinei poate fi necesară când se zboară la temperaturi mici sau la înălțimi mari – în condițiile în care temperatura aerului scade 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 schimbătorului de căldură poate conduce la infiltrarea în cabina 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. Acesta disloca oxigenul din sânge și poate cauza:

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

Sesizarea mirosului altor gaze din sistemul de evacuare asociate cu monoxidul de carbon constituie un semnal de alarma și dacă se suspectează prezenta acestuia în cabina se închide sistemul de încălzire, se oprește fumatul și se deschid toate gurile de ventilație. Dacă există masti de oxigen, atunci ele trebuie folosite.

2.3. Sistemul de ungere al motorului

2.3.1. Funcționare și metode de ungere

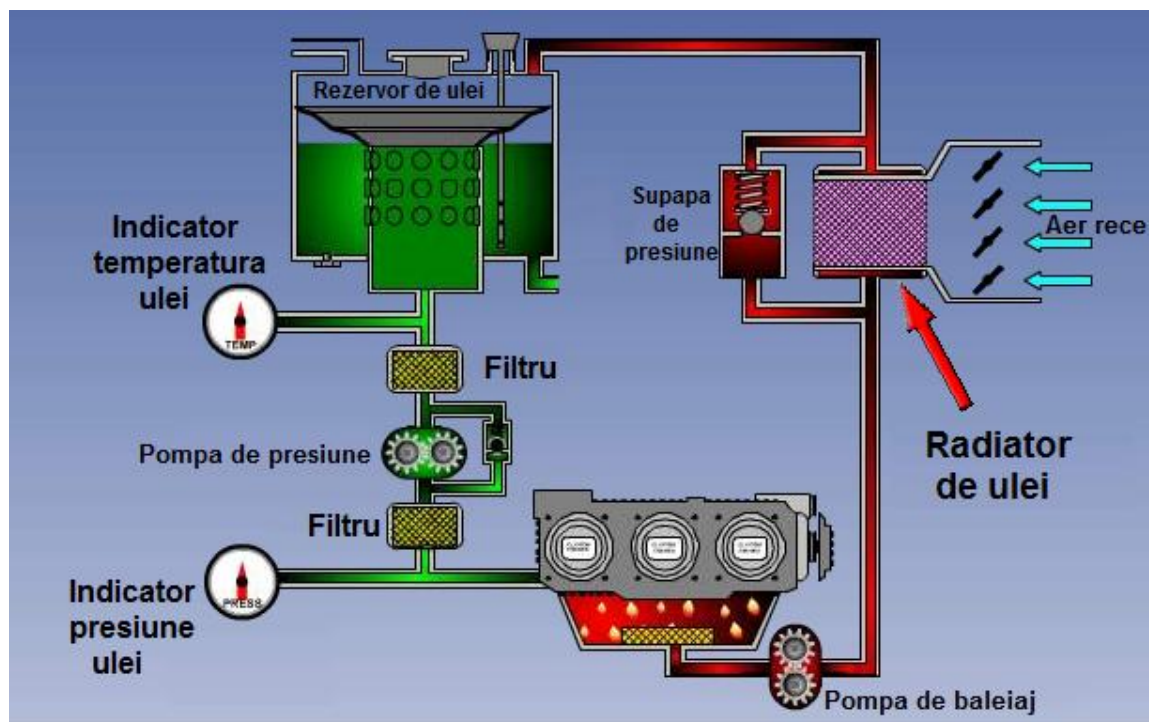


Fig. 2.17. Sistem de ungere cu carter uscat

Rolul uleiului din motor

Dacă o peliculă de ulei separă două suprafețe de metal va preveni frecarea acestora. Fără ulei ar exista foarte mari de fricțiune, cauzând dezvoltarea unor temperaturi foarte ridicate în metal, cu o deteriorare a suprafețelor în contact și, probabil, deteriorări mecanice majore.

Este esențial ca uleiul să fie suficient și de tipul potrivit, reducând fricțiunea între suprafețele metalice în mișcare din interiorul motorului.

Pelicula de ulei va permite celor două suprafețe de metal să alunece una peste cealaltă fără să se atingă efectiv. Vor exista doar foarte mici fricțiuni scăzute, și, prin urmare, sunt evitate temperaturile ridicate în metal. Fricțiunea metalică este înlocuită de fricțiunea internă a uleiului în procesul de ungere.

Un strat subțire de ulei va adera la suprafața de metal, și, deoarece suprafețele de metal se mișcă relativ una față de cealaltă, va exista o forfecare a straturilor de ulei între cele două suprafețe (alunecarea unui strat peste celălalt).

Căldura generată pe pelicula de ulei de această alunecare este îndepărtată prin circulația continuă a uleiului – uleiul fierbinte este luat și răcit într-o componentă cunoscută ca radiator de răcire a uleiului, care este expus curentului de aer. Componentele motorului care sunt supuse unor mari eforturi, cum ar fi sarcinile la fiecare lagar la ambele capete ale bielei, în special lagarele arborelui cotit, sunt absorbite printr-un strat de ulei și socul mecanic asupra lor este redus.

Pistoanele preiau multa caldura din camera de combustie si sunt racite de uleiul directionat asupra lor de dedesubt, din zona bielei. Ungerea si racirea lagarelor si a pistoanelor este esentiala si aceasta este principala functie a uleiului.

Uleiul care circula printr-un motor poate prelua depunerile si alte materiale straine, reducand astfel incarcatura abraziva de pe partile aflate in miscare ale motorului. Aceasta contaminare este retinuta de filtrul de ulei. Daca filtrul nu este curat (nu este schimbat la timp), se poate bloca, facind ca uleiul murdar sa treaca pe langa filtru si sa circule in interiorul sistemului de ungere al motorului. Uleiul murdar are calitati mai slabe de racire si ungere si de aceea motorul va suferi – va exista o rata crescuta de uzura care va scurta viata motorului. Uleiul asigura de asemenea etansarea, ca de exemplu intre peretele cilindrului si piston pe masura ce se misca in sus si in jos. Aceasta impiedica gazele comprimate (amestec carburant) sa scape printre segmentii pistonului in carterul motorului.

2.3.2. Proprietatile uleiului



Uleiul trebuie sa fie suficient de vascos pe toata aria de temperaturi de operare a motorului – trebuie sa curga liber, dar sa nu fie prea subtire. Un ulei cu o mare vascozitate curge incet; uleiul cu vascozitate redusa curge mai usor. Temperaturile ridicate fac uleiul mai putin vascos si sa curga mai liber. Uleiul trebuie sa ramana suficient de vascos sub gama variata de temperaturi de operare si sa asigure presiunile pe lagarele aflate in motoarele de aviatie.

Temperaturile excesiv de ridicate afecteaza calitatile de ungere ale uleiului, slabindu-i eficienta, asa ca trebuie monitorizat indicatorul de temperatura a uleiului.

Posesorul sau utilizatorul avionului poate decide sa foloseasca ulei cu o vascozitate mai scazuta decat este normal pe vreme rece. In acelasi mod, un ulei de o vascozitate mai mare poate fi folosit daca avionul urmeaza sa fie operat intr-un climat cald. Nu trebuie amestecate tipurile de ulei.

Uleiul trebuie sa aiba un punct inalt de inflamabilitate si un punct inalt de aprindere pentru a se asigura ca nu se va evapora in exces sau ca va lua foc usor. Uleiul trebuie sa fie stabil chimic si sa nu isi schimbe starea sau caracteristicile.

2.3.3. Sisteme de ungere

Dupa ce trece prin motor, uleiul se aduna in colector (baia de ulei), care este un rezervor atasat de partea joasa a carterului motorului.

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

Un motor cu colector uscat are pompa de evacuare care preia uleiul din colectorul atasat la partea de jos a carterului motorului si il pompeaza inapoi in rezervorul de ulei, care este separat de motor. Este normal sa existe un sistem de ulei cu colector uscat la avioanele de acrobatie aeriana care se gasesc de obicei in atitudini neobisnuite. Avioanele Extra, Zlin, Tiger Moth si Chipmunk au sisteme de colectare uscate. Motoarele radiale precum cele de pe AN-2, IAK-52, Harvard, Dakota (DC – 3) si DHC Beaver au de asemenea sisteme de ulei cu colector uscat.

De obicei pompa de alimentare cu ulei actionata de motor este cea care aprovizioneaza motorul cu ulei de la colector sau rezervorul de ulei prin conducte, canale si galerii catre partile aflate in miscare ale motorului. In interiorul pompei de ulei se afla o supapa de reducere a presiunii uleiului. Daca presiunea asupra supapei de reducere a presiunii este depasita, aceasta se va deschide permitand uleiului sa se intoarca in orificiul de intrare al pompei.

Un indicator de presiune a uleiului in cabina indica presiunea uleiului oferita de pompa de ulei, senzorul de presiune a uleiului este situat dupa pompa de ulei si inainte ca uleiul sa intre in circuitul din motor.

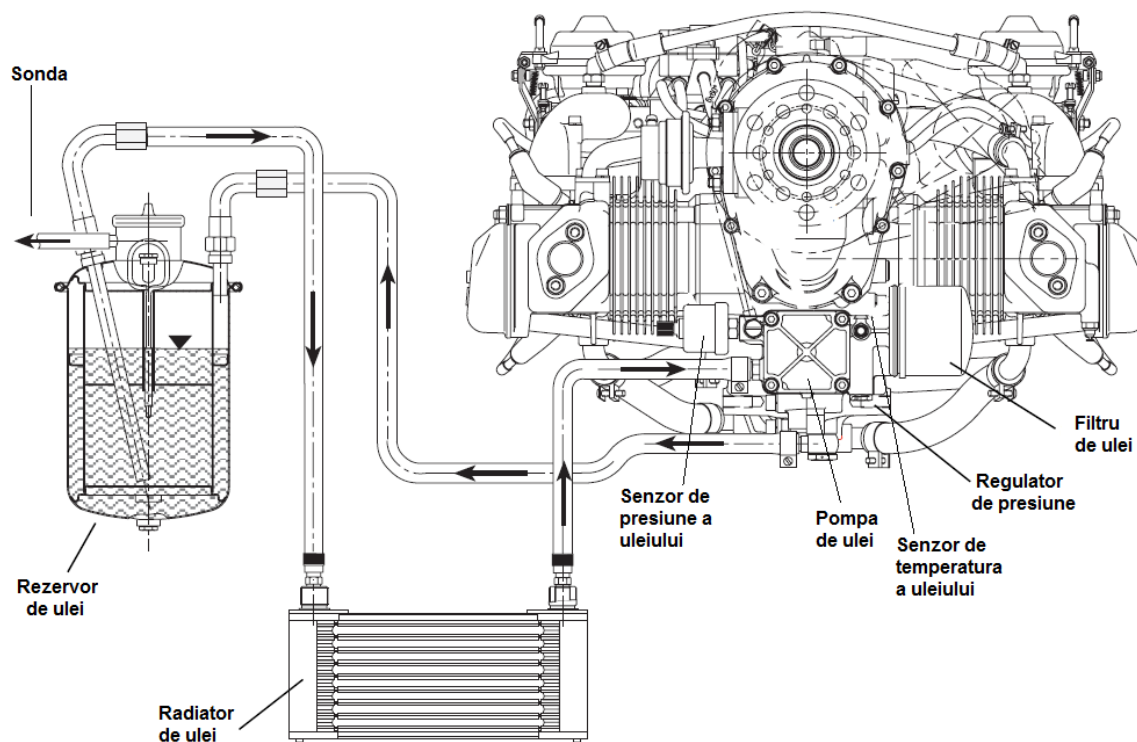


Fig. 2.18. Sistemul de ungere la motorul Rotax 912

2.3.4. Filtrele de ulei

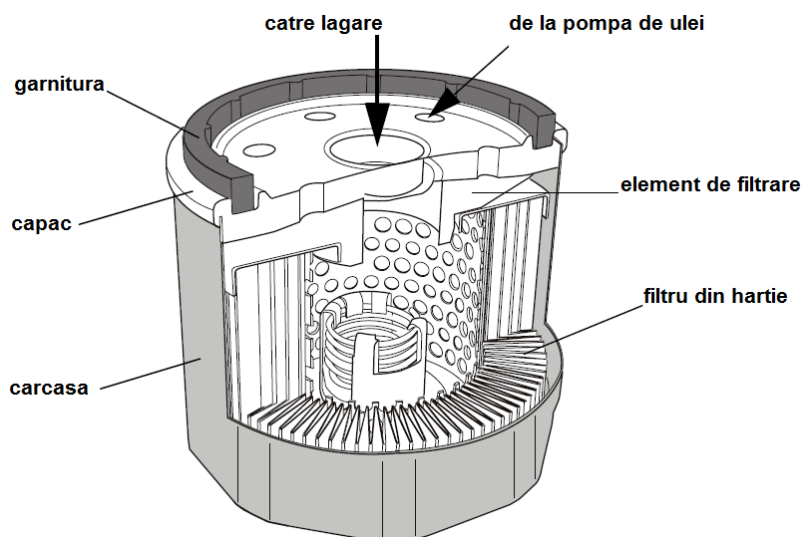


Fig. 2.19. Structura unui filtru de ulei

Filtrele de ulei sunt integrate in sistem pentru a inlatura orice materie straina precum mizerie sau particule de carbon din uleiul care circula. Filtrele de ulei ar trebui inlocuite la intervale regulate, asa cum se specifica in “Programul de intretinere”, si inspectate, deoarece colectorul de ulei ar putea oferi indicii asupra conditiei motorului (particule mici de metal ar putea indica o deteriorare mecanica iminenta). Unele motoare au prevazute in zona colectorului sesizoare de span (particule mici de metal) si un sistem de semnalizare in cabina echipajului.

În interiorul corpului filtrului de ulei se afla o supapă de ocolire (bypass) a filtrului de ulei. Aceasta supapă permite uleiului să treacă pe lângă filtru în cazul în care acesta este infundat. Uleiul murdar și impur este de preferat lipsei complete de ulei.

Uleiul circula în jurul partilor aflate în mișcare și prin motor – ungând, curățând, și răcind - și apoi se întoarce în colectorul umed prin gravitație, sau într-un rezervor separat de ulei prin pompele de evacuare (într-un sistem cu colector uscat). Pompele de evacuare au un debit mai mare de pompare decât pompele de alimentare cu ulei pentru a asigura evacuarea uleiului din motor.

Uleiul din motor absoarbe o mare cantitate de căldură la trecerea sa prin motor, și răcirea care are loc în colector este de obicei insuficientă, așa că majoritatea motoarelor au un radiator de răcire a uleiului care operează într-un proces de schimb de căldură prin curentul de aer. Uleiul ajunge în radiatorul de răcire a uleiului după ce a fost pompat din colector prin filtrul de ulei.



Fig. 2.20. Filtre de ulei tip Rotax

Dacă uleiul este rece, o supapă de scurtcircuitare dirijează uleiul ocolind radiatorul de răcire, deoarece nu este nevoie de răcire și pentru a evita spargerea acestuia datorită presiunii mari, mai ales iarna. Odată ce uleiul este cald (când motorul s-a încălzit), este direcționat prin radiatorul de răcire al uleiului. Radiatorul de răcire al uleiului este de obicei situat în sistemul de ulei astfel încât uleiul se răcește puțin în colector, apoi trece prin radiator pentru a fi răcit mai mult, înainte de a intra în părțile principale ale motorului.

Ca parte a inspecției zilnice de dinaintea zborului trebuie verificată starea radiatorului de răcire a uleiului pentru:

- a) starea de curățenie a părții frontale -lipsa de insecte, cuiburi de pasări sau alte impurități (trebuie verificat dacă există o trecere liberă a aerului prin fagurii radiatorului); și
- b) orice scurgere de ulei sau fisuri.

Un indicator de temperatură a uleiului este amplasat în cabină. Acesta este conectat la o sondă de temperatură care monitorizează temperatura uleiului după ce a trecut prin radiatorul de răcire al uleiului și înainte să fie folosit în secțiunile fierbinti ale motorului.

Unele avioane au un indicator de măsurare a temperaturii chiulaselor pentru a oferi un alt indiciu al temperaturii motorului, în zona care înconjoară chiulasa cilindrului.

2.3.5. Schimburile de ulei

Schimbarea uleiului este necesară periodic. Dacă același ulei este folosit încontinuu, după o perioadă de timp va deveni foarte murdar deoarece filtrele nu îl mai pot curăța.

Schimbările chimice vor apărea în ulei și sub forma de:

- oxidarea cauzată de contaminarea de la unele din produsele colaterale ale combustiei în motor; și
- absorbția apei care se condensează în motor când se răcește după oprire.

De aceea uleiul trebuie să fie schimbat la intervale regulate, așa cum se cere în Programul de Intreținere. Este recomandat să se folosească doar tipul și gradul indicat de ulei și nu trebuie să se folosească amestecate uleiuri cu grade diferite.

Nota: Ghidul de operare al pilotului va arăta de obicei gradul de ulei sub forma de evaluare SAE (Society of Automotive Engineers). Totuși, uleiul pentru aviația comercială are un număr 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

Dacă motorul este nou sau reparați capital, procedeele de rodare trebuie urmate cu strictețe. Este o practică normală ca la operarea motorului pentru primele 25 până la 50 ore să fie folosit ulei de rodaj (ulei care nu conține aditivi cu proprietăți de curățare). Dacă există dubiu, trebuie consultat un inginer, deoarece procedeele gresite de rodare sau folosirea unui ulei gresit pot cauza daune semnificative.

2.3.6. Funcționarea anormală a sistemului de ungere

Tipul uleiului

Tipul incorect de ulei va cauza o ungere scăzută, o răcire insuficientă și daune ale motorului. Temperatura uleiului și indicațiile de presiune pot fi anormale.

Cantitatea de ulei

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

- arderii peliculei de ulei odată cu amestecul carburant în cilindri;
- pierderii sub formă de ceață sau stropi prin evaporarea uleiului; și
- scurgeri

Există o rigla de măsurare a uleiului în rezervor. Aceasta arată cantitățile de ulei maxime și minime. În cazul în care cantitatea de ulei este sub minim, veți descoperi că uleiul se supraîncălzește și/sau presiunea uleiului este prea scăzută sau este fluctuantă. În cazul în care cantitatea de ulei este prea mare, atunci uleiul în exces poate fi forțat să iasă prin diferite părți ale motorului, cum ar fi pe la simeringul de etansare al axului frontal al motorului sau prin sistemul de aerisire al instalației de ulei.

Presiunea scăzută a uleiului

La un regim de putere normală, o presiune scăzută a uleiului poate indica o lipsă de ulei și o defectare iminentă a motorului.

Presiunea scăzută a uleiului ar putea însemna:

- lipsa de ulei datorată 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 deschisă (intepenită).



Fig. 2.21. Indicator presiune ulei Rotax 912

La pornire, indicatorul de presiune al uleiului ar trebui să indice o creștere a presiunii uleiului în max.30 secunde.

Temperatura ridicată a uleiului

Dacă o cantitate mică de ulei circula prin motor acest lucru va fi indicat de o temperatură ridicată a uleiului, adică creșterea temperaturii uleiului poate indica o scădere a cantității uleiului. Operarea prelungită cu temperaturi excesive a chiulaselor cilindrilor va genera de asemenea un indiciu de temperatură crescută a uleiului. Aceasta este cel mai probabil să se întâmple în situații de folosire a unor regimuri de putere ridicată și viteză scăzută aerului, îndeosebi la temperaturi ridicate ale aerului înconjurător.

Aparatul indicator al presiunii uleiului – defect

Câteodată indicatorul de presiune al uleiului sau senzorii se defectează și oferă indicații greșite. O indicare de presiune scăzută a uleiului poate fi interpretată greșit, atunci când se observă că temperatura uleiului rămâne normală pe o perioadă de timp. Fiti atenți la ambele indicatoare (presiune/temperatură), avertizați cât mai curând posibil și cercetați defectul.

Presiune ridicată a uleiului

O supapă de reducere a presiunii în sistemul de ungere ar trebui să ne asigure că presiunea uleiului nu ajunge la un nivel inacceptabil de ridicat. O presiune ridicată a uleiului poate face ca o parte a sistemului să cedeze, făcând ca întregul sistem să fie inoperabil, prin spargerea radiatorului de ulei sau a unei conducte.

Presiune scăzută sau fluctuantă a uleiului

Acolo unde apare un indiciu de scădere a presiunii uleiului sau aceasta devine fluctuantă și dacă este asociată cu o creștere a temperaturii uleiului în timpul zborului – zburati în siguranță și avertizați cât mai repede posibil, deoarece poate indica o problemă serioasă în sistemul de ungere. Fără ulei, motorul cedează, rezultând o pierdere imediată de putere.

Pierdere treptată a uleiului

Dacă un motor pierde ulei treptat, atunci temperatura uleiului va crește treptat deoarece o cantitate mai mică de ulei trebuie să asigure răcirea și ungerea motorului. În această situație presiunea, într-o fază incipientă, va rămâne aceeași; temperatura uleiului va crește, până când cantitatea de ulei atinge un nivel scăzut critic, iar atunci presiunea va scădea brusc, cauzând 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 răsucirea 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, s-ar fi impus folosirea aceluiași tip de cablaj în cabina pentru alimentarea cheii în poziția START. Această soluție presupune mai multe dezavantaje inclusiv acelea privind greutatea suplimentară al acestui tip de cablaj, o pierdere semnificativă de energie electrică pe lungimea suplimentară și curenți 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 scăzută care excita bobina (un electromagnet cu miez mobil). Aceasta acționează un comutator de putere care închide circuitul de putere dintre baterie și starter, astfel curentul de valoare mare din circuit acționează starterul care învârtă motorul.

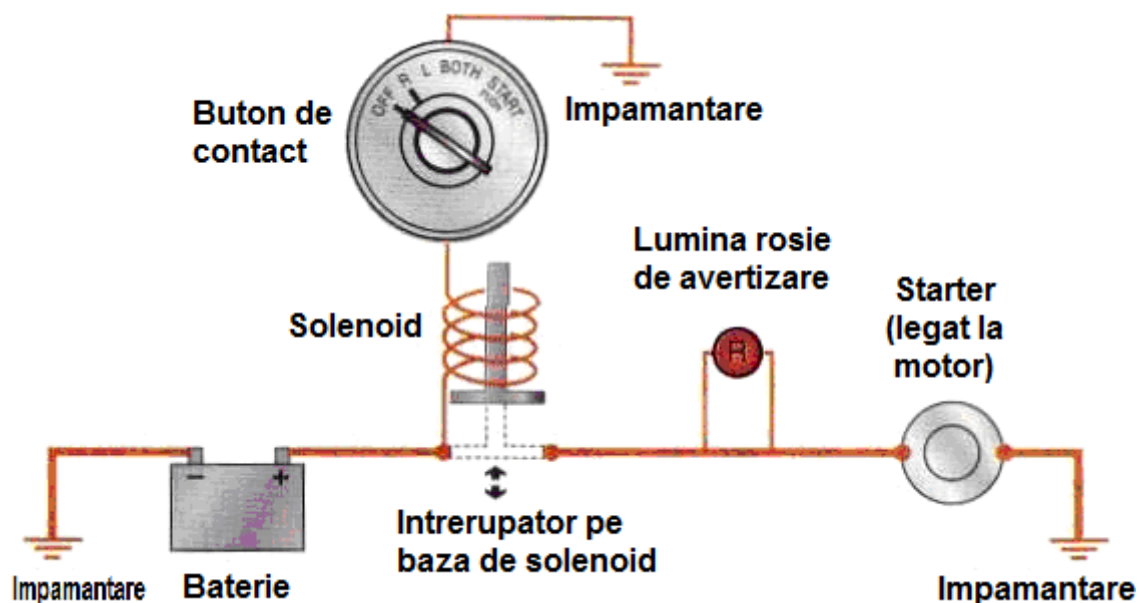


Fig. 2.22. Sistem de pornire

În general starterul are o lampă (bec) de semnalizare în cabina care semnalizează când acesta este excitat (în sarcină). La o funcționare normală, becul se stinge imediat ce cheia revine din poziția START. Dacă releul starterului se blochează astfel încât starterul este alimentat și după revenirea cheii din poziția START, becul rămâne 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, opriți motorul imediat pentru a evita avariarea 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.

Exista doua limitari de proiectare a magnetourilor care limiteaza semnificativ pornirea motorului:

- a) cand se antreneaza 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 doua rotatii ale arborelui), rotatia magnetourilor este de cca 60 rot/min sau chiar mai putin. Pentru a genera un curent suficient de puternic care sa produca scanteia ce aprinde amestecul este necesara o turatie a magnetourilor de aprox. 100-120 rot/min, deci este necesara introducerea unui dispozitiv suplimentar care sa rezolve aceasta problema.
- b) cand motorul functioneaza (800-2400 rot/min este plaja uzuala de valori in operare), scanteia apare la un unghi precis inainte ca pistonul sa ajunga in PMS (si inceperea timpului de ardere). Acest reglaj este cunoscut ca fiind avansul bujiei. La pornire, turatia fiind foarte mica, e necesara o intarziere 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 doua limitari au fost dezvoltate dispozitive care sa fie incorporate in ansamblul magnetoului, cel mai des folosit in cazul motoarelor de aviatie mici fiind cuplajul de impuls. La alte motoare se foloseste un alt dispozitiv numit vibrator inductiv sau buzzer.

2.4.2. Cuplajul de impuls

Cuplajul de impuls are doua functiuni:

- a) sa accelereze miscarea de rotatie a magnetului pentru a ridica parametrii curentului care genereaza scanteia la bujii;
- b) sa intarzie efectiv momentul aprinderii la turatii mici ale arborelui pana imediat dupa ce pistonul depaseste PMS, iar dupa pornire, sa permita revenirea la reglajul initial al aprinderii (putin inainte de PMS).

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

generează un curent suficient pentru a produce scanteia care sustine initial aprinderea. In acelasi mod se intarzie suficient momentul de aprindere pentru ca arderea amestecului sa actioneze asupra arborelui in sensul corect.

Odata ce motorul este pornit si functioneaza la turatia de lucru, magnetul se decupleaza de arc, care devine inutil. Scanteia se produce normal – prin antrenarea directa a magnetului de catre motor, iar temporizarea aprinderii revine la valoarea prestabilita de lucru (scanteia se produce putin inainte de PMS).

De notat ca, intrucat cuplajul de impuls nu depinde de nici o sursa de putere electrica, motorul poate fi pornit manual (prin antrenarea elicei cu mana).

Utilizarea comutatorului aprinderii (cheia magnetourilor)

Exista doua sisteme separate de aprindere din motive de securitate (in eventualitatea cedarii unui sistem), cat si pentru a mari eficienta arderii (o ardere cat mai completa a amestecului prin folosirea simultana a doua bujii ca surse de initiere a arderii). Modelele mai vechi de avioane aveau comutator separat pentru fiecare magnetou, in 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 functionarea normala a motorului se selecteaza BOTH.

Motorul functioneaza si pe un singur magnetou dar nu la fel de rotund si cu usoara scadere a turatiei. Cu o singura bujie in functiune, in loc de doua, va fi generat un singur front de flacara (linie de ardere), in loc de doua, care se va deplasa prin amestec. Acest fapt va mari timpul de ardere completa a amestecului si deci va mica eficienta arderii.



Fig. 2.23. Cheie de contact

Daca se selecteaza 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 in loc sa produca scanteie. Asadar, trecerea cheii de pe BOTH pe L va conduce la o scadere a turatiei iar readucerea cheii in pozitia initiala va readuce turatia la valoarea normala. Daca nu se sesizeaza scaderea turatiei la comutarea cheii, atunci fie celalalt magnetou (R) nu se pune la masa (furnizeaza in continuare curent la bujii si deci scanteie), fie nu functioneaza nici in pozitia BOTH.

Inainte de decolare in mod normal se verifica functionarea ambelor magnetouri ca parte a functionarii motorului, dupa cum urmeaza:

- se trece cheia de pe BOTH pe L si se observa si retine valoarea cu care scade turatia motorului, dupa care se revine pe BOTH. Turatia trebuie sa revina la valoarea initiala. In acelasi mod se procedeaza cu magnetoul drept (R).
- se compara cele doua valori observate ale scaderii turatiei pe fiecare din cele doua sisteme (magnetouri). Aceste valori trebuie sa se incadreze in anumite limite prestabilite (conf. manualului de zbor al avionului). De exemplu: se fixeaza turatia la 1600 rot/min, scaderea maxima de turatie 125 rot/min pe fiecare din cele doua magnetouri cu o diferenta intre cele doua valori de scadere a turatiei de max. 50 rot/min.

Attentionare:

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 accidentala 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 etuful 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.

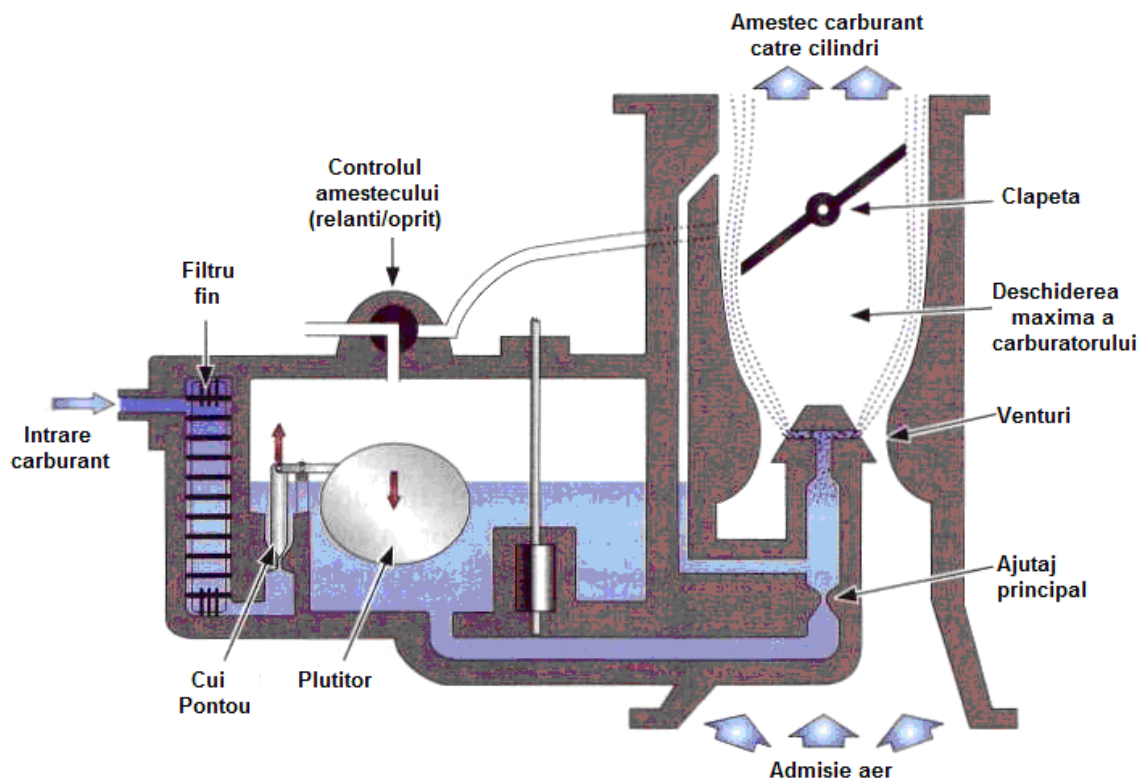


Fig. 2.24. Secțiune printr-un carburator tipic

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 nears. 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.

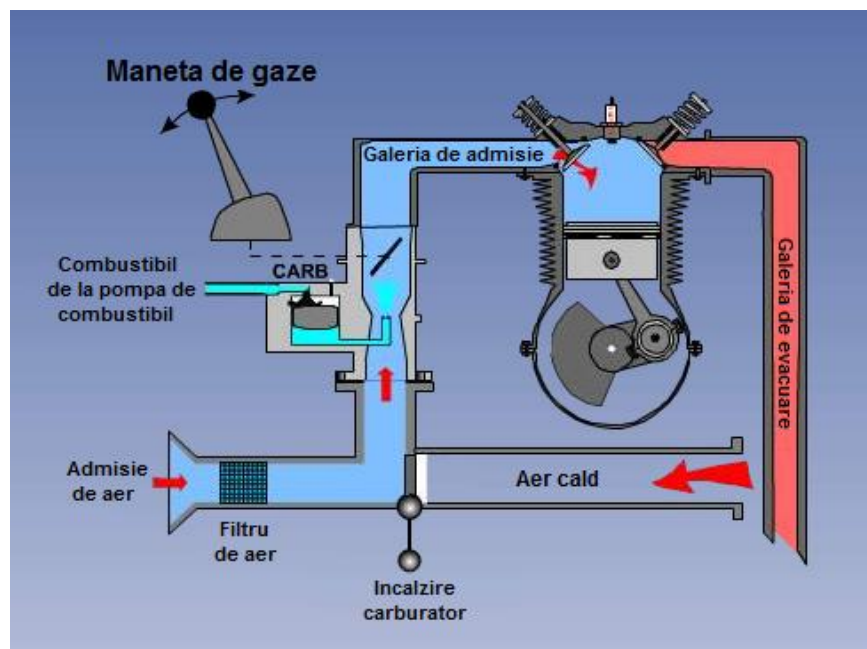


Fig. 2.25. Sistem de carburatie

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 diferenta 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 mentinandu-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 deasemenea ca 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).

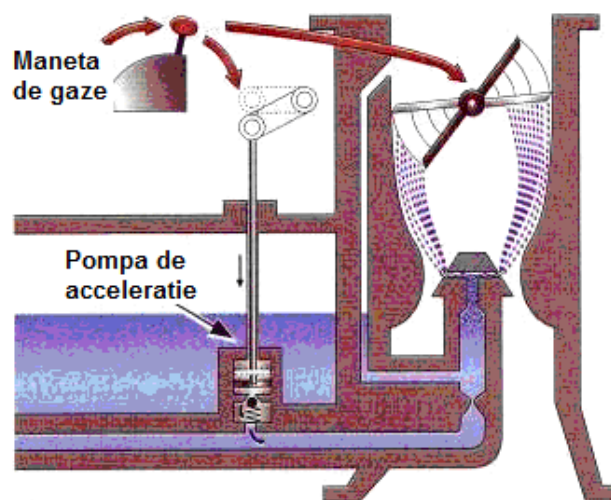


Fig. 2.26. Pompa de repriza

2.5.3. Sistemul de ralanti

Cand motorul este la ralanti, cu clapeta aproape inchisa, diferenta de presiune dintre tubul venturi si camera de nivel constant nu este suficient de mare pentru a obtine suptiunea combustibilului in cantitate suficienta.

Pentru a rezolva aceasta problema, exista o canalizatie mica de ralanti, care are orificiul de intrare langa clapeta de admisie, unde se produce un mic efect venturi cand clapeta de admisie este aproape inchisa. Prin aceasta canalizatie se furnizeaza suficient combustibil care, in amestec cu aerul, permite functionarea motorului la ralanti (la turatii mici).

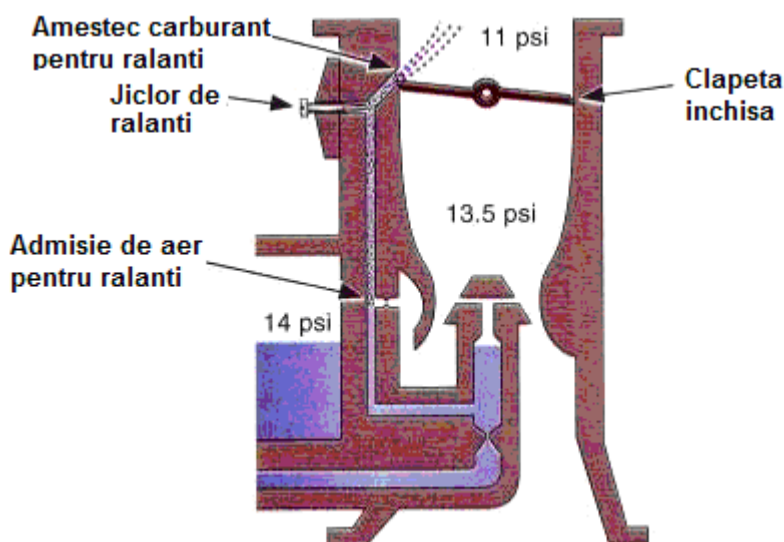


Fig. 2.27. Sistem de ralanti



2.5.4. Controlul amestecului

Carburatorul este proiectat să funcționeze în condițiile atmosferei standard la nivelul mediu al mării (ISA MSL = QNH 1013 mb, +15°C).

Marimea jicloarelor care determină cantitatea de combustibil în amestec este proiectată pentru aceste condiții ISA MSL. Avionul, în mod real, operează în majoritatea timpului în condiții care diferă substanțial de cele standard, diferențe care impun modificarea debitului de combustibil pentru menținerea amestecului în limitele prescrise.

La o anumită poziție a manetei de gaze (și deci a turatiei), carburatorul va procesa același volum de aer în unitatea de timp, indiferent de densitatea aerului.

La altitudini și/sau temperaturi mai mari, densitatea aerului scade, adică sunt mai puține molecule de aer pe unitatea de volum. Astfel, volumul de aer care trece prin carburator va conține mai puține molecule și va cântări mai puțin. În aceleași condiții, densitatea combustibilului nu se modifică, adică, același volum și greutate de benzină vor fi pulverizate în venturi.

Același număr de molecule de benzină la un număr diminuat de molecule de aer înseamnă că amestecul devine prea bogat, având ca efect funcționarea neregulată a motorului și un consum crescut de benzină.

Pentru a menține amestecul corect (adică proporția corectă între aer și benzină), pilotul trebuie să micșoreze cantitatea de benzină care intră în venturi și se amestecă cu aerul, a cărui densitate a scăzut cu creșterea altitudinii. Acest procedeu se numește saracirea amestecului și se realizează prin comanda corectorului altimetric – o manetă roșie de obicei poziționată lângă maneta de gaze. Comanda corectorului acționează un mic opritor care restricționează curgerea benzinei (diminuează debitul), astfel refacându-se proporția amestecului.

În condiții normale, pe majoritatea aeroporturilor din România se decolează cu comanda amestecului pe bogat (acestea fiind sub 800m).

Folosirea controlului amestecului în urcare

Ușual, comanda amestecului este pastrată în timpul urcării pe bogat dacă nu se depășește altitudinea de 5000ft, unde puterea în regim de croazieră va fi sub 75% din puterea maximă la regim continuu în condiții standard. Excesul de benzină din amestec este folosit ca agent de răcire pentru peretii cilindrilor și capetele pistoanelor și contribuie la evitarea detonatiilor. Unele motoare mai sofisticate necesită saracirea amestecului pe toată perioada urcării.

Pe măsura ce avionul urcă, amestecul devine din ce în ce mai bogat cauzând o scădere a puterii, care se manifestă printr-o funcționare neregulată însoțită de scăderea ușoară a turatiei la elicele cu pas fix și scăderea presiunii la admisie (boost-ului) la cele cu pas comandat.

Folosirea controlului amestecului la altitudinea de croazieră

La altitudinea de croazieră și cu regimul de croazieră trebuie avut în vedere saracirea amestecului pentru a corecta raportul aer/combustibil, care va conduce la o ardere în cilindri mai eficientă, funcționarea mai bună a motorului (mers regulat, parametri crescuți) și o scădere a consumului. La unele motoare, corectarea amestecului cu altitudinea poate conduce la o scădere a consumului cu peste 25% comparativ cu folosirea manetei de amestec pe bogat, ceea ce înseamnă creșterea ratei de acțiune și a andurantei.

Maneta de amestec trebuie să fie ușor către bogat în zona amestecului chimic corect, unde puterea de croazieră dezvoltată este sub 75% - croazieră normală pentru majoritatea avioanelor este de cca. 55-65% când se recomandă 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 dacă are maneta de gaze în plin.

La regimuri de putere mare (peste 75%), îmbogățirea amestecului este necesară pentru a folosi excesul de combustibil ca agent de răcire. Manualul de zbor al avionului conține informații despre cum se reglează amestecul pentru a se obține cea mai bună putere, precum și cea mai bună economie de combustibil.

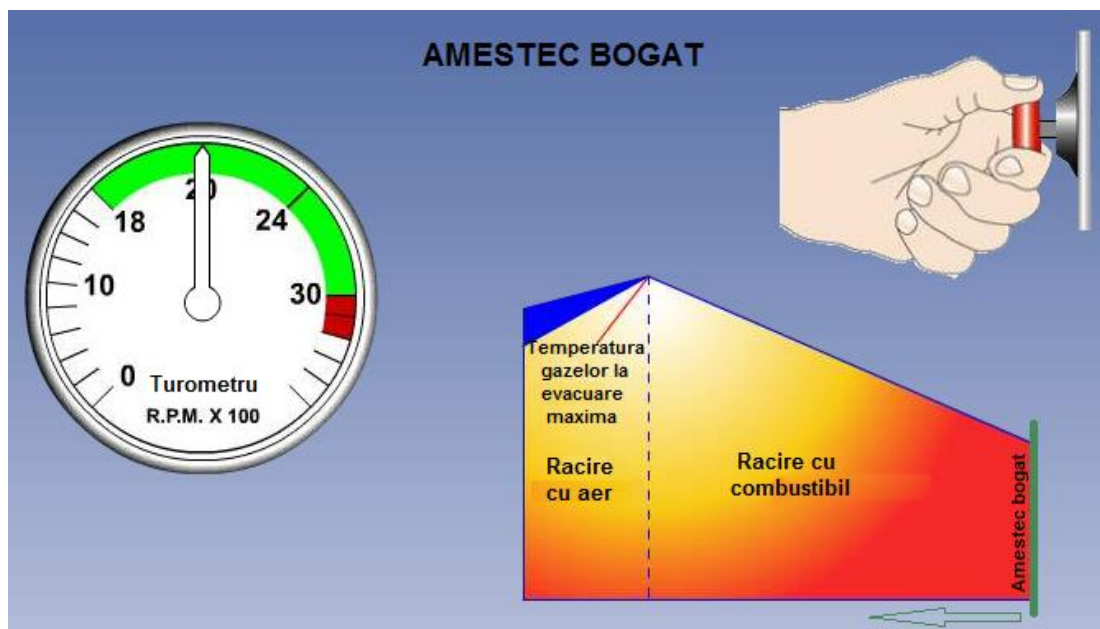


Fig. 2.28. Amestec bogat

Pentru săracirea amestecului, acționați încet comanda amestecului către sărac. La restabilirea raportului chimic corect de amestec turatia (presiunea la admisie) va crește.

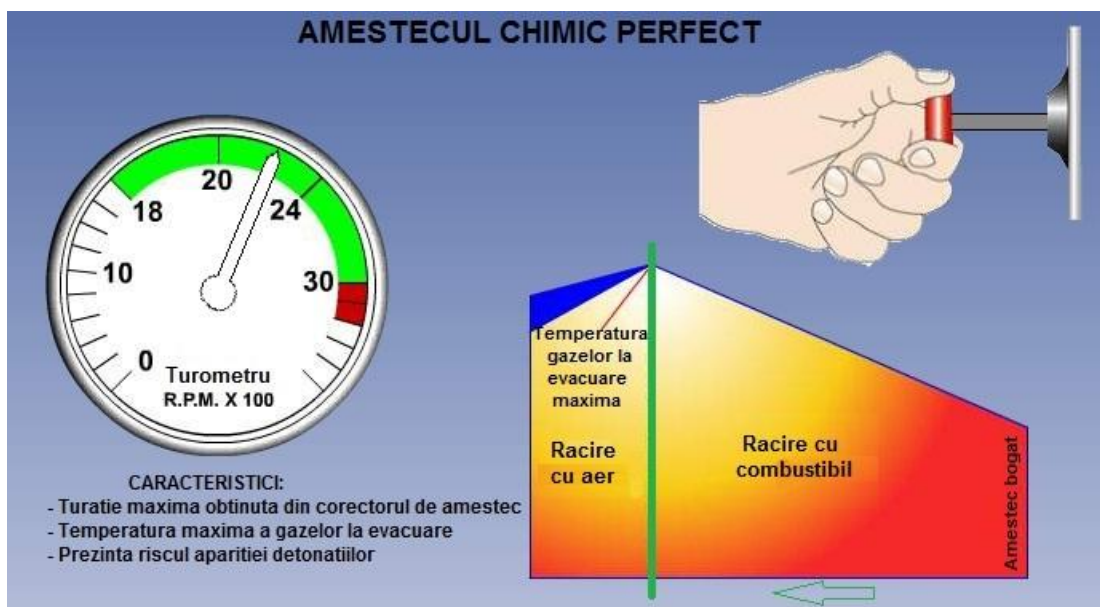


Fig. 2.29. Amestecul chimic perfect

Eventual, dacă se va săraci în continuare, turatia va scădea iar motorul va începe să funcționeze ușor neregulat.

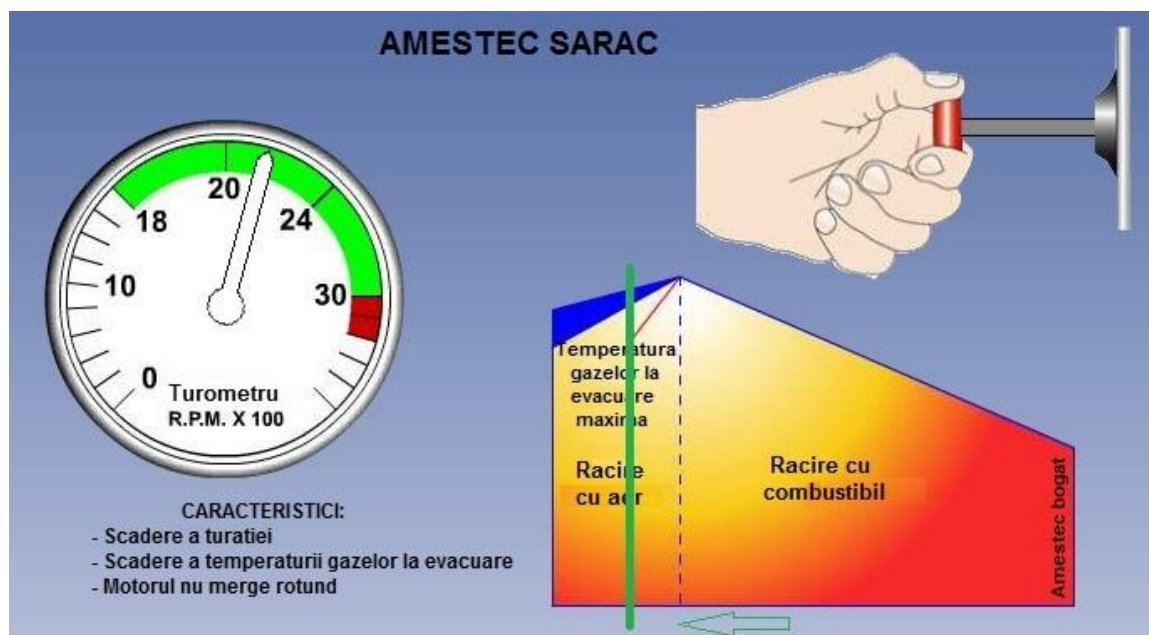


Fig. 2.30. Amestec sarac

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.

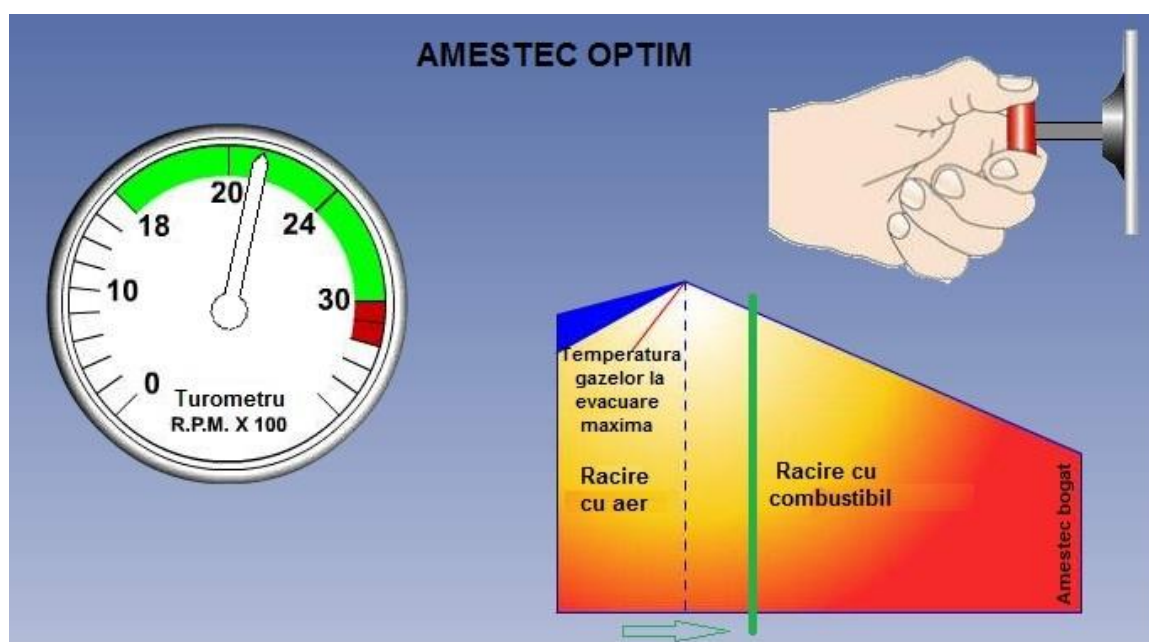


Fig. 2.31. Amestecul optim

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 saracirea amestecului.



2.5.5. Amestecuri bogate si sarace

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

Un amestec excesiv de sarac va cauza cresterea excesiva a temperaturii cilindrilor si aparitia detonatiilor. Detonatiile severe pot avaria foarte rapid motorul. Pilotul se confrunta in acest caz cu scaderea puterii si foarte probabil curand cu pierderea motorului. Dupa corectarea amestecului asigurati-va ca temperaturile uleiului si la chiulasa sunt in limite normale. E posibil ca stabilizarea acestor temperaturi sa dureze cateva minute.

Zborul la altitudini mari

Zborul la altitudini mari unde densitatea aerului este mica poate impune saracirea amestecului inainte de decolare. Aerodromurile cu elevatie mare sau cele situate la nivelul marii dar cu temperaturi apropiate de 40°C necesita atentie la selectarea amestecului inainte de decolare.

Exemplu:

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

2.5.6. Combustia anormala

Detonatia

Arderea corect-progresiva a amestecului se produce pe masura ce frontul de flacara avanseaza (se deplaseaza) in camera de combustie. Acest fapt produce o crestere a presiunii care deplaseaza lin pistonul spre PMI in timpul de ardere.

Cand gazul este comprimat, se produce o crestere a temperaturii acestuia (se poate simti acest fenomen cand se umfla o roata de bicicleta cu pompa de mana). Daca cresterea presiunii si a temperaturii este prea mare pentru amestecul din cilindru, atunci arderea nu va fi progresiva ci exploziva – combustie spontana.

Aceasta crestere exploziva de presiune se numeste detonatie si poate cauza avarii majore pistonului, supapelor si bujiilor, o scadere a puterii si foarte probabil oprirea completa a motorului.

Folosirea unui combustibil cu cifra octanica sub cea recomandata, a unui combustibil expirat in timp, a unei presiuni la admisie prea mari sau a incalzirii exagerate a motorului poate produce detonatii.

Motoarele de aviatie sunt proiectate sa functioneze cu reglajul amestecului usor in zona de bogat (putin imbogatit), surplusul de benzina functionand ca agent de racire pentru a preveni supraincalzirea amestecului si pentru a raci peretii cilindrului prin evaporare.

Daca se suspecteaza detonatii (prin mers neregulat si temperaturi mari ale cilindrilor), atunci:

- a) imbogatiti amestecul
- b) reduceti presiunea in cilindri (maneta de gaze redusa usor)
- c) cresteti viteza pentru a ajuta la reducerea temperaturii chiulasei

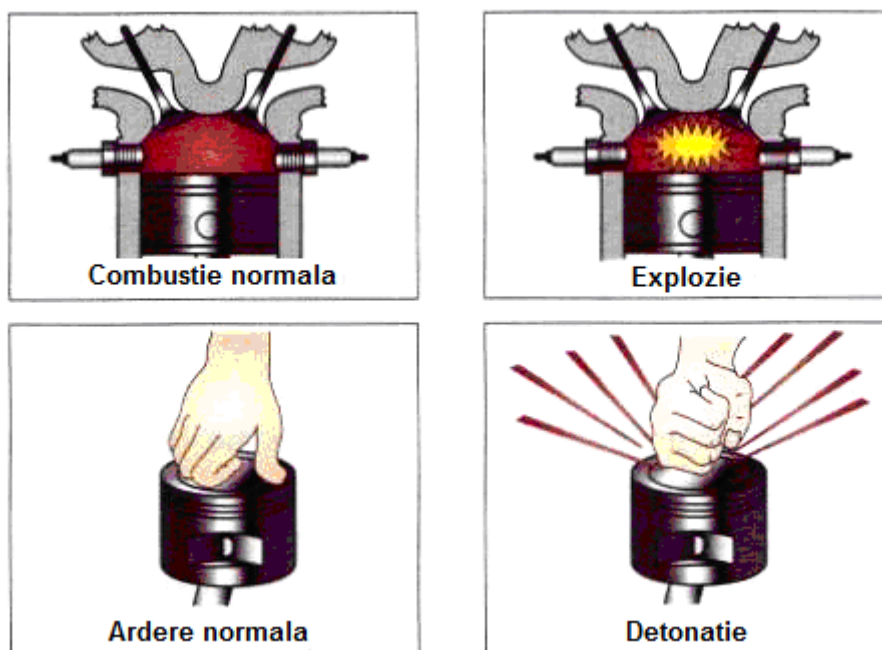


Fig. 2.32. Comparatie intre combustia normala si detonatie

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) supraincalzit in cilindru (ex. depunere de calamina) care, datorita temperaturii sale, initiaza arderea. Rezultatul este functionarea neregulata a motorului si o crestere brusca a temperaturii chiulasei.

Autoaprinderea poate sa apara datorita prezentei calaminei in motor sau folosirea regimurilor mari de motor, in conditiile unui amestec sarac (fara benzina in exces pentru racire). Poate sa apara doar intr-un cilindru care are un "punct fierbinte" (calamina), in timp ce detonatia apare in mod normal in toti cilindrii.

Autoaprinderea este un fenomen care apare in functionarea in conditii particulare in cazul unui cilindru – detonatia este data de starea amestecului care este furnizat tuturor cilindrilor. Ambele fenomene pot fi evitate prin folosirea unui combustibil corect si observarea limitarilor operationale ale motorului. Aceste informatii sunt furnizate de manualul de zbor al avionului.

2.5.7. Givrarea carburatorului

Deranjament functional, aparut pe fond meteorologic nefavorabil, avand ca efect generarea unui strat de gheata in interiorul carburatorului, strat care impiedica alimentarea cu carburant si care genereaza, in cele din urma, oprirea motorului. Fenomenul este favorizat de faptul ca, la motoarele prevazute cu carburator, amestecul aer-benzina se formeaza intr-o zona de depresiune (difuzor) si, in conditii de umiditate atmosferica ridicata (peste 60%) si temperaturi relativ scazute ale carburantului, are loc inghetarea vaporilor de apa prezenti in aerul de admisie. Se foloseste, de regula, in sintagma givrarea carburatorului; sinonim cu givrare, jivrare sau jivraj.

Expansiunea aerului in timpul accelerarii sale prin tubul venturi (difuzor) are ca efect scaderea temperaturii acestuia. Chiar si aerul mai cald poate scadea sub zero si, daca acesta este umed, se poate forma gheata. Acest fenomen poate degrada serios functionarea motorului conducand chiar la oprirea lui.

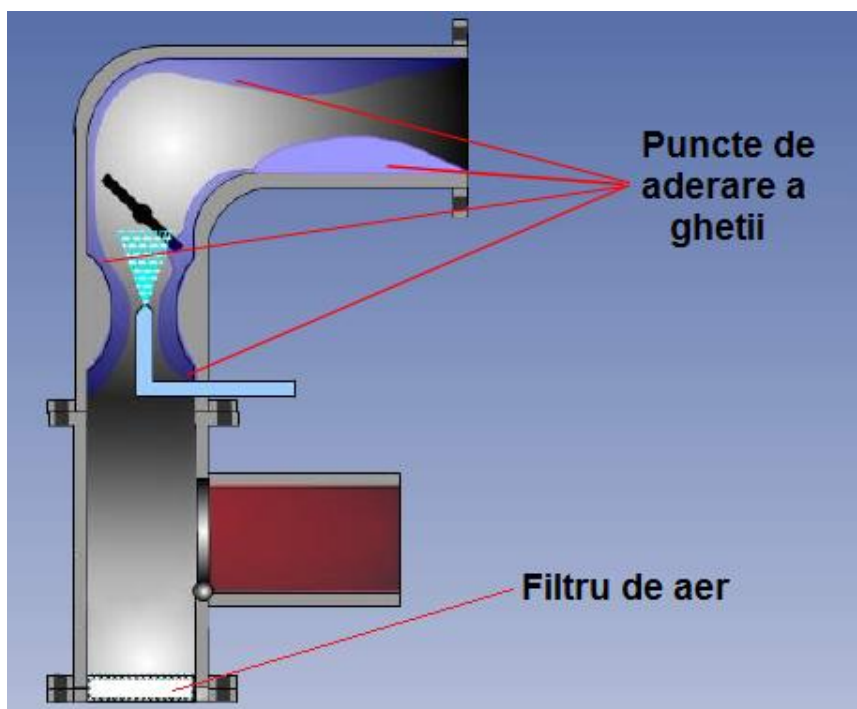


Fig. 2.33. Givrajul carburatorului

Gheata de impact

Gheata de impact apare când picături de apă supracălită (cu temperatura sub punctul de îngheț) se ciocnesc de pereții metalici ai galeriei de admisie în carburator, transformându-se instantaneu în gheață (acest fenomen poate să apară atât la sistemele de amestec cu carburator cât și la cele folosind injectia).

Gheata de impact poate să apară când temperatura exterioară este puțin peste sau sub zero și avionul zboară în nori, ploaie sau aer ceros dens – umezeala vizibilă – și particulele de apă sunt în jurul temperaturii de 0°C , sau dacă suprafețele canalizației de admisie au ele însele acest regim termic (avionul coboară de la înălțime mare – temperatura joasă – la înălțime mică unde aerul are temperatura mai mare dar este umed).

Gheata de depunere (datorită vaporizării benzinei)

Acest tip de gheață se formează în zona în care jetul de benzină este pulverizat în curentul de aer, în difuzorul carburatorului, unde benzina se vaporizează cauzând o reducere substanțială a temperaturii sale datorită căldurii latente absorbite în timpul vaporizării.

Dacă temperatura amestecului scade în intervalul 0°C și -8°C , apa va precipita în aer (dacă acesta este umed) și va îngheța pe orice suprafață pe care o va întâlni (pereții difuzorului și clapeta de admisie). Acest fapt va produce o diminuare serioasă a debitului de aer la admisie și implicit va influența negativ puterea dezvoltată de motor (în sensul scăderii acesteia).

Gheata de depunere poate să apară chiar în condițiile în care temperatura ambiantului este mult deasupra punctului de îngheț ($+20^{\circ}$ ÷ $+30^{\circ}\text{C}$) când umiditatea relativă a aerului este peste 50%.

În unele texte de referință, gheata de depunere mai este numită gheata de refrigerare (refrigeration icing), deoarece este cauzată de vaporizarea unui lichid – același proces care este utilizat la majoritatea frigiderelor.

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 exterioara 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:

- a) 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.
- b) 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 admisie 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 jumatate din cursa pentru a preveni

formarea în continuare a gheții. Dacă poziția selectată nu este suficientă, operațiunea se repetă și se păstrează maneta de încălzire poziționată mai în față (spre cald). În anumite condiții atmosferice, este posibilă necesitatea păstrării manetei de încălzire în poziția maximă.

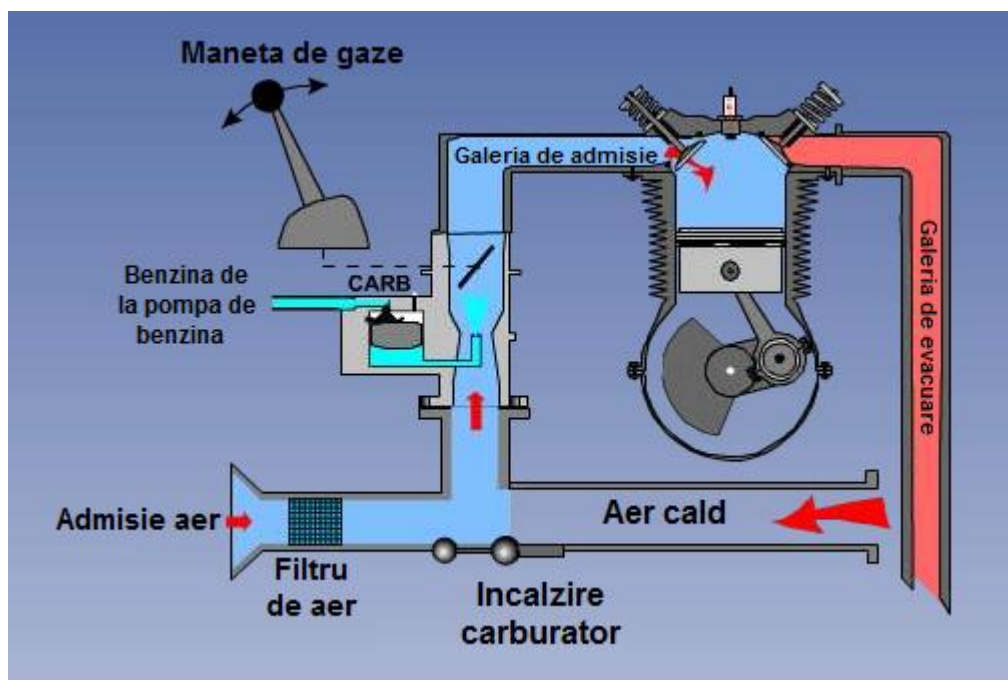


Fig. 2.34. Sistemul de încălzire al carburatorului

Încălzirea carburatorului la coborâre și apropiere

La coborârea cu regimul redus al motorului și în apropierea aterizării, în special în condiții de umiditate crescută (ex. în zone de coastă) este bine de cuplat încălzirea carburatorului pentru a se asigura că nu se produce gheața.

Deschiderea mică a clapetei de admisie mărește șansa formării gheții (în special în zona acesteia). Apoi, în faza finală a aterizării, maneta de încălzire se decuplează (închide) pentru eventualitatea unei ratări a aterizării (când este nevoie de puterea maximă). Unele avioane au în dotare un termometru al aerului în carburator care poate fi folosit pentru a menține temperatura acestuia în afara ecartului de îngheț.

Încălzirea carburatorului la sol

Este de evitat cuplarea încălzirii aerului la carburator la sol (în afara verificărilor premergătoare decolării) pentru că aerul este preluat din zona galeriei de evacuare și nu este filtrat. Acest lucru va evita introducerea de praf sau impurități în carburator și motor cu efecte nefaste pentru acesta. Din acest motiv, verificarea încălzirii carburatorului înainte de decolare se va face pe o suprafață curată a solului.

Verificarea presupune:

- a) cuplarea completă a încălzirii carburatorului și observarea timp de 5 secunde a turatiei (boost-ului),
- b) readucerea manetei de încălzire înapoi în prag și verificarea faptului că turatia revine la valoarea inițială.

Dacă turatia revine la o valoare semnificativ mai mare decât cea de dinaintea cuplării încălzirii, înseamnă că gheața a fost prezentă și a fost cel puțin parțial topită; repetați procedura până când toată gheața se topește având grijă să nu se formeze din nou înainte de decolare.

2.5.9. Sistemul de injectie a combustibilului

Motoarele mai sofisticate au benzina dozată direct în galeria de admisie și apoi în cilindri fără a se folosi un carburator. Aceasta se numește injectia de combustibil.

Un sistem venturi este folosit de asemenea 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 către fiecare cilindru individual unde, prin injectoare, este introdus fie prin capul cilindrului, fie prin zona din fața supapei de admisie.

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

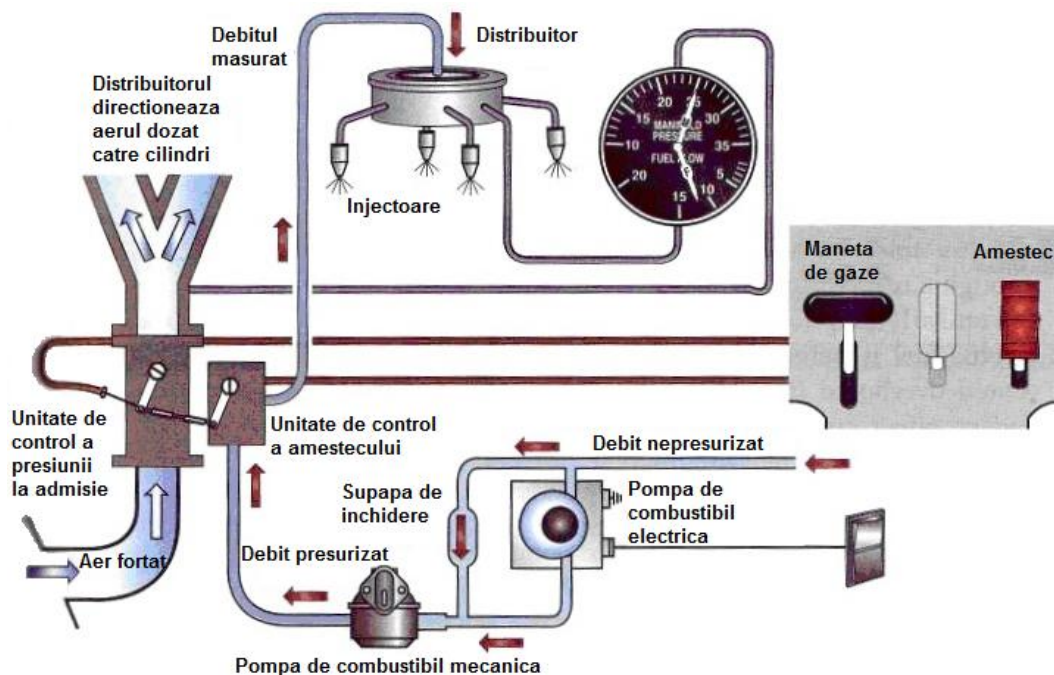


Fig. 2.35. Sistem de injectie de combustibil

Prin sistemul de injectie de combustibil, fiecare cilindru poate fi alimentat cu amestecul corect prin canalizația separată de alimentare (spre deosebire de sistemul cu carburator unde toți cilindrii erau alimentați cu același amestec).

Avantajele sistemului de injectie cu benzina:

- dispariția fenomenului de gheață de depunere (prin dispariția condițiilor de formare)
- alimentarea mai uniformă cu amestec carburant a cilindrilor
- controlul îmbunătățit al raportului de amestec
- simplitatea în exploatare
- accelerarea instantanee a motorului după ralanti cu dispariția tendinței de oprire la acționarea bruscă a manetei (repriza mult mai bună)
- creșterea randamentului motorului.

**Dezavantajele sistemului de injecție:**

- a) pornirea motorului cu sistem de injecție la cald poate fi dificilă datorită apariției vaporilor de benzină în rampe. Pompele electrice care creează presiunea în sistem pot înlătura această problemă.
- b) rampele de combustibil fiind foarte subțiri, sistemul este mult mai susceptibil la impurități (praf, apă).
- c) combustibilul în exces trece printr-o conductă de retur care poate fi îndreptată către unul din rezervoare. Dacă pilotul nu ține cont de acest aspect, poate pierde combustibil prin preaplinul rezervorului respectiv (în cazul umplerii acestuia), fie cel puțin o distribuție dezechilibrată (asimetrică) a combustibilului în rezervoare având ca efect modificarea centrului de greutate și deci a stabilității avionului.

2.6. Combustibili de aviație

Cel mai important este să vă asigurați că alimentați cu tipul corect de combustibil. Benzina de aviație (Avgas) este necesară pentru motoarele cu piston și petrolul de aviație (kerosenul – Avtur) pentru motoarele cu turbine (jeturi). Kerosenul are culoarea paiului și are un miros distinctiv.

Verificați pentru identificare înainte de alimentarea aeronavei marcasele pe culori specifice fiecărui tip de combustibil, de pe sistemele de alimentare cu combustibil pentru a vă asigura că este cel dorit. Sistemele de alimentare Avtur sunt marcate cu negru, iar cele care conțin combustibil Avgas, cu roșu.

2.6.1. Tipuri de combustibili**Benzina de aviație AVGAS**

Are caracteristici diferite pentru a satisface cerințele diferitelor tipuri de motoare cu piston - unele cu performanțe mai ridicate și altele cu performanțe mai scăzute. Aceste diferențe de caracteristici ale benzinei Avgas sunt codate pe culori pentru a ajuta la identificarea corectă a combustibilului. Combustibilul normal pentru avioanele ușoare este 100LL care este colorată albastru.

Combustibilul trebuie să aibă calități anti-detonare (antisoc) care sunt date de valoarea cifrei octanice sau cifrei de performanță. Cu cât cifra octanică (motor/performanță) este mai mare, cu atât este mai mare raportul de comprimare pe care amestecul carburant îl poate dezvolta fără să detoneze. Tetraetilul de plumb este adăugat la combustibilii cu cifră octanică mai mare pentru a le îmbunătăți calitățile anti-detonare.

Cifra de performanță mai ridicată indică puterea posibilă (prin comparație cu combustibilul de referință standard) înainte ca un amestec bogat să detoneze, și cifra mai scăzută indică puterea posibilă înainte ca același combustibil fără plumb să detoneze. Anumite motoare necesită un combustibil anume – asigurați-vă că știți care anume și folosiți-l. De asemenea, asigurați-vă că același combustibil care se află deja în rezervoare este același cu combustibilul pe care îl alimentați.

Dacă este folosit combustibil cu cifră octanică mai mică decât cel specificat, sau un combustibil care este expirat, este posibil să apară detonarea, îndeosebi la setări de puteri ridicate, cu o pierdere de putere în consecință și posibile daune ale motorului.

Dacă este folosit combustibil cu o cifră octanică mai mare decât cel specificat, bujiile pot fi deteriorate, și de asemenea supapele de evacuare și zonele de etansare ar putea fi erodate (arse) de combustibilul cu cifră octanică ridicată 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 volatilă (tensiunea de vapori Reid mare) decat benzina de aviatie Avgas si poate genera dopuri de vapori 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.

Exista procedee de testare a combustibilului care reactioneaza cand apa este prezenta; responsabilul privind calitatea combustibilului le va folosi in mod regulat pentru a garanta puritatea combustibilului in rezervoarele de stocare de la sol.

Condensul si impuritatile

Exista de obicei o scadere a temperaturii aerului peste noapte si, in cazul in care cantitatea aerului in rezervoarele de combustibil ale avionului este mare (adica daca rezervoarele sunt aproape goale), peretii rezervorului de combustibil se vor raci si va exista mult mai mult condens decat daca rezervoarele ar fi pline cu combustibil. Daca rezervoarele sunt tinute pline si avionul nu este folosit cateva zile, si in timpul noptii cand sunt asteptate temperaturi scazute, aceasta va duce la micsorarea condensului.

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

- a) daca avionul are o restrictie de greutate la decolare in ziua urmatoare, va trebui sa se scoata o cantitate de combustibil pentru a reduce greutatea sau pentru a se incadra in limitele de centraj.
- b) daca rezervoarele sunt pline si temperatura creste, combustibilul se va dilata si probabil va curge din rezervor prin conductele de supra-plin sau aerisire. Aceasta ar putea fi un risc de foc.

Pot exista si alte impuritati pe langa apa. Rugina, nisipul, praful si micro-organismele pot cauza probleme asemanatoare. Filtrarea sau limpezirea combustibilului ar trebui sa indice prezenta acestora si trebuie sa fie indepartate inainte de realimentare.

Fiti deosebit de atenti cand realimentati. Intotdeauna sa verificati combustibilul pentru detectarea apei si impuritatilor, tipul de combustibil sa fie corect, iar buletinul de analiza sa se afle in termen de valabilitate. Filtrati combustibilul inainte de alimentare.

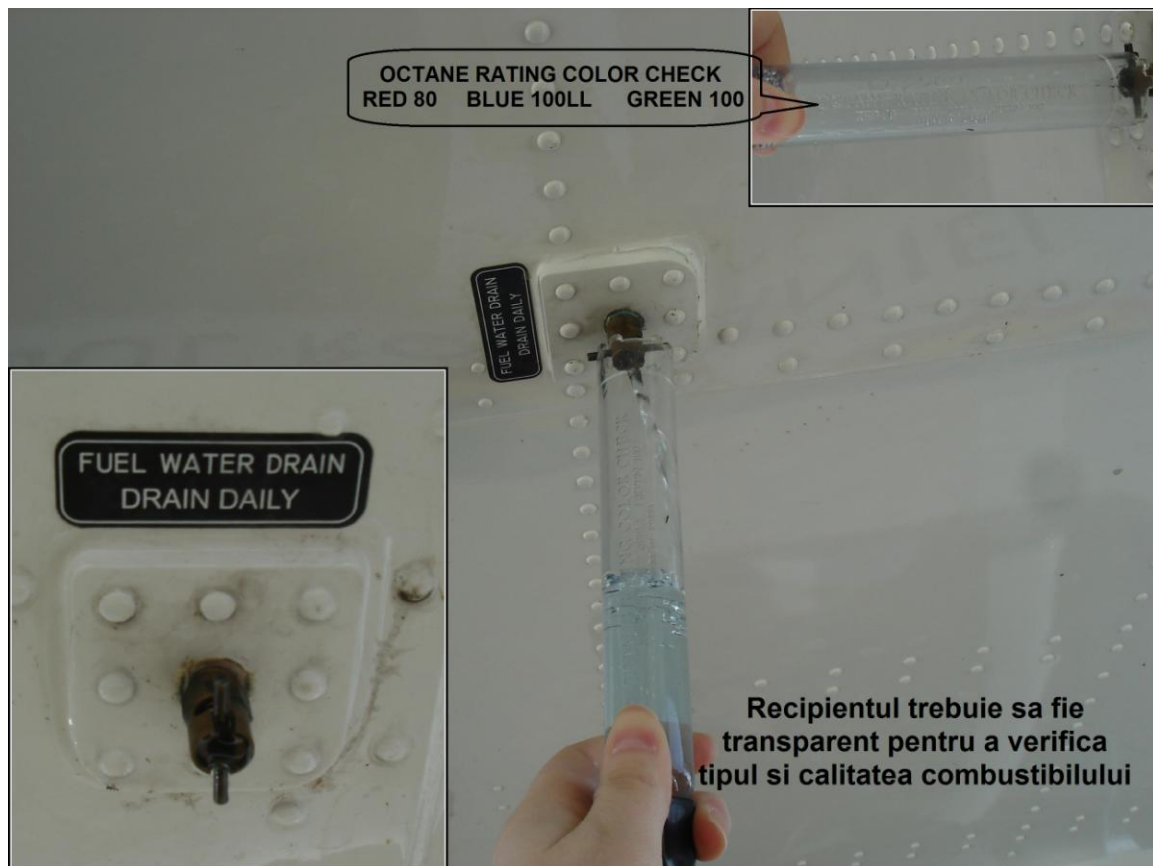


Fig. 2.36. Supapele de drenaj se afla in punctul cel mai de jos al rezervoarelor

Apa in rezervoarele de combustibil

Apa, fiind mai densa decat combustibilul, va avea tendinta de a se aduna in punctele situate cel mai jos in sistemul de alimentare cu combustibil al aeronavei. Atunci cand in rezervoarele avionului exista o cantitate mica de combustibil, trebuie decantata regulat de la fiecare rezervor si de la supapa de decantare a combustibilului pentru a o verifica de impuritati, indeosebi apa care se va depune la fundul paharului folosit special pentru decantare. Supapele de decantare a combustibilului sunt de obicei supape cu inchidere prin resort si exista una (sau mai multe) la baza fiecarui rezervor de combustibil. Filtrul cu sita (filtrul brut) al combustibilului se gaseste de obicei in cel mai de jos punct in intregul sistem de combustibil.

In termeni generali, daca o cantitate mare de apa a fost gasita in rezervoare, actiunile imediate ar trebui sa includa urmatoarele:

- a) informati mecanicul/inginerul de sol;
- b) drenati rezervoarele pana cand toata apa a fost scoasa;
- c) balansati aripa pentru a permite apei sa graviteze catre decantorul de apa;
- d) drenati mai mult combustibil si verificati daca exista apa la toate punctele de decantare.

2.6.3. Managementul combustibilului

Asigurați-vă ca avionul are cifra octanică corectă a combustibilului de la bord și ca nu conține impurități.

Asigurați-vă ca aveți la bord combustibil suficient pentru zbor și rezervă adecvată. Nu vă bazați pe litometrele de combustibil deoarece pot da indicații eronate. Calculați combustibilul necesar, inspectați vizual și măsurați combustibilul care se află la bord înainte de zbor. Amintiți-vă că o parte din combustibilul din rezervoare nu va putea fi folosit.

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

Asigurați-vă că nu există scurgeri, că busoanele de combustibil sunt strânse și că aerisirile rezervoarelor sunt libere și neobstrucționate. 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 aripa sus, unde busonul rezervorului nu este vizibil de la sol sau în timpul zborului, ar trebui să aveți mai multă grijă. Trebuie să fiți familiarizat 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 mutată ferm în poziția corectă.

Nu schimbați rezervoarele dacă nu aveți nevoie exact înainte de decolare sau aterizării. Dacă este posibil, verificați înainte de decolare dacă combustibilul este tras din rezervorul adecvat. Dacă operațiunea este posibilă 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 decolări și aterizări.

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

2.7. Sistemul de combustibil



Funcția unui sistem de combustibil este aceea de a stoca combustibilul și de a-l trimite la carburator și la sistemul de injecție 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 altitudinii (poziției) avionului;
- accelerarea bruscă;
- decelerarea motorului.



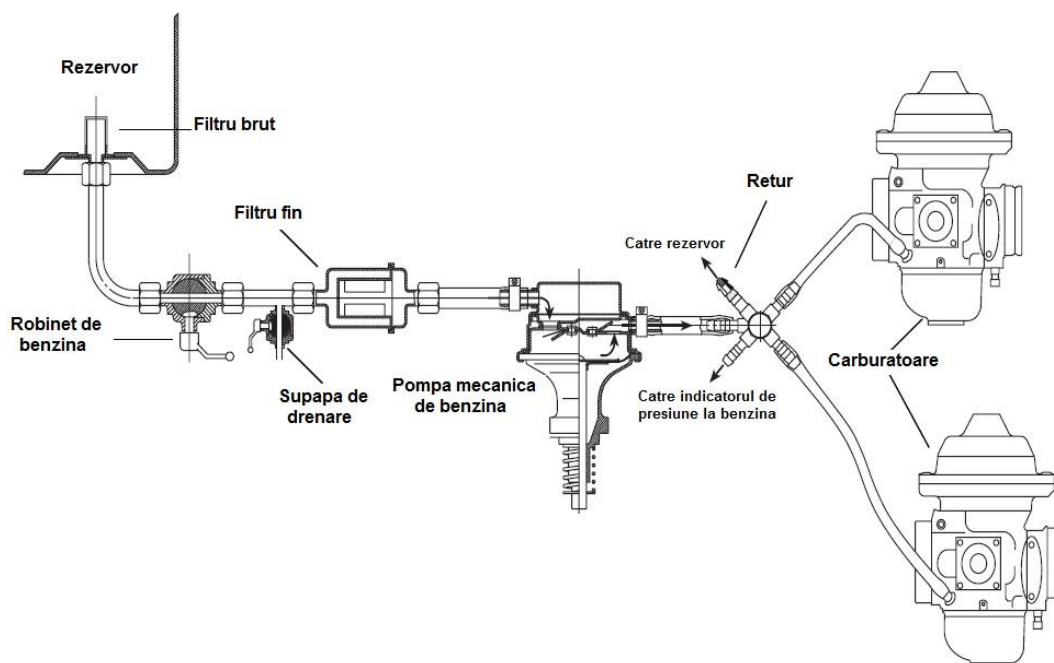


Fig. 2.37. Sistem de alimentare motor Rotax 912

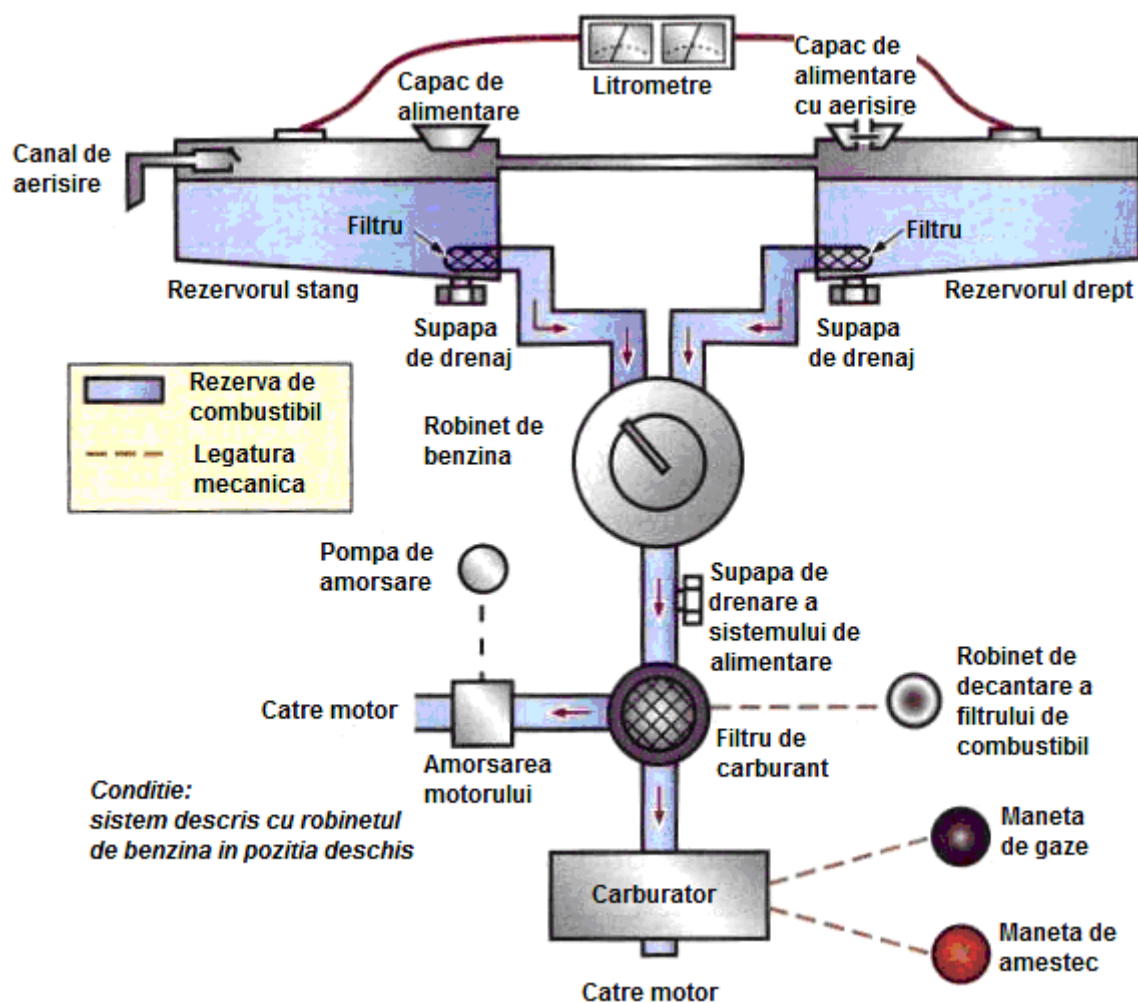


Fig. 2.38. Sistem de combustibil



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 scăzut punct al fiecărui rezervor permite unor impurități grele, precum apa, să se adune, să fie inspectate și drenate. Rezervoarele adesea conțin 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 prevăzută 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 de jos punct al rezervorului, va exista întotdeauna combustibil neutilizabil în rezervoare.

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 măsura 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, pot face ca rezervoarele de combustibil să se deformeze spre interior (fenomenul este denumit "cavitatie"). Sistemul de aerisire al rezervoarelor de combustibil trebuie verificat la inspectia externă de dinaintea zborului ca să vă asigurați că nu sunt blocate sau deteriorate. O conductă de aerisire a unui rezervor de combustibil blocată, în timpul zborului va împiedica aerul să intre și să iasă din rezervor, și acest lucru ar putea împiedica 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 încălzite de soare.

Un avion cu aripa (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 injecție cu combustibil, pentru asigurarea necesarului de combustibil, în mod deosebit la decolare și aterizare, este necesară 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, pompa mecanică acționată de motor, intră în funcțiune. Funcționarea corectă a pompei poate fi monitorizată cu un indicator de presiune a combustibilului.

Este normal ca pompa electrică de combustibil să fie cuplată pentru manevre critice precum decolarea, aterizarea și zborul la înălțimi mici în caz că pompa mecanică se defectează și motorul rămâne fără alimentare cu combustibil.

Este important, îndeosebi la avioanele cu aripi joase, având combustibilul transportat în rezervoare mai jos decât nivelul motorului, ca supapa de drenare (decantare) a combustibilului să fie verificată ca fiind pe poziția închisă în timpul inspectiei externe de dinaintea zborului. Dacă nu este închisă, pompa de combustibil acționată de motor este posibil să nu fie capabilă să asigure suficient combustibil pentru motor (absorbând în schimb aer), și motorul poate rămâne fără combustibil necesar. Același fenomen se poate întâmpla și în cazul oricărei neatențări 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 schimbati 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 greșite, îndeosebi când avionul nu este în zbor rectiliniu la orizontală.

Întotdeauna trebuie cercetat vizual conținutul rezervoarelor de combustibil în timpul inspecției externe (check-list) de dinaintea zborului, îndepărtând busonul de combustibil și, folosind o tijă pentru măsurat 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 anumită compoziție a amestecului, care dacă nu are loc, ar putea duce la o ardere a combustibilului cu 20% mai mult și litrometrul de combustibil ar citi mult mai puțin decât se aștepta.

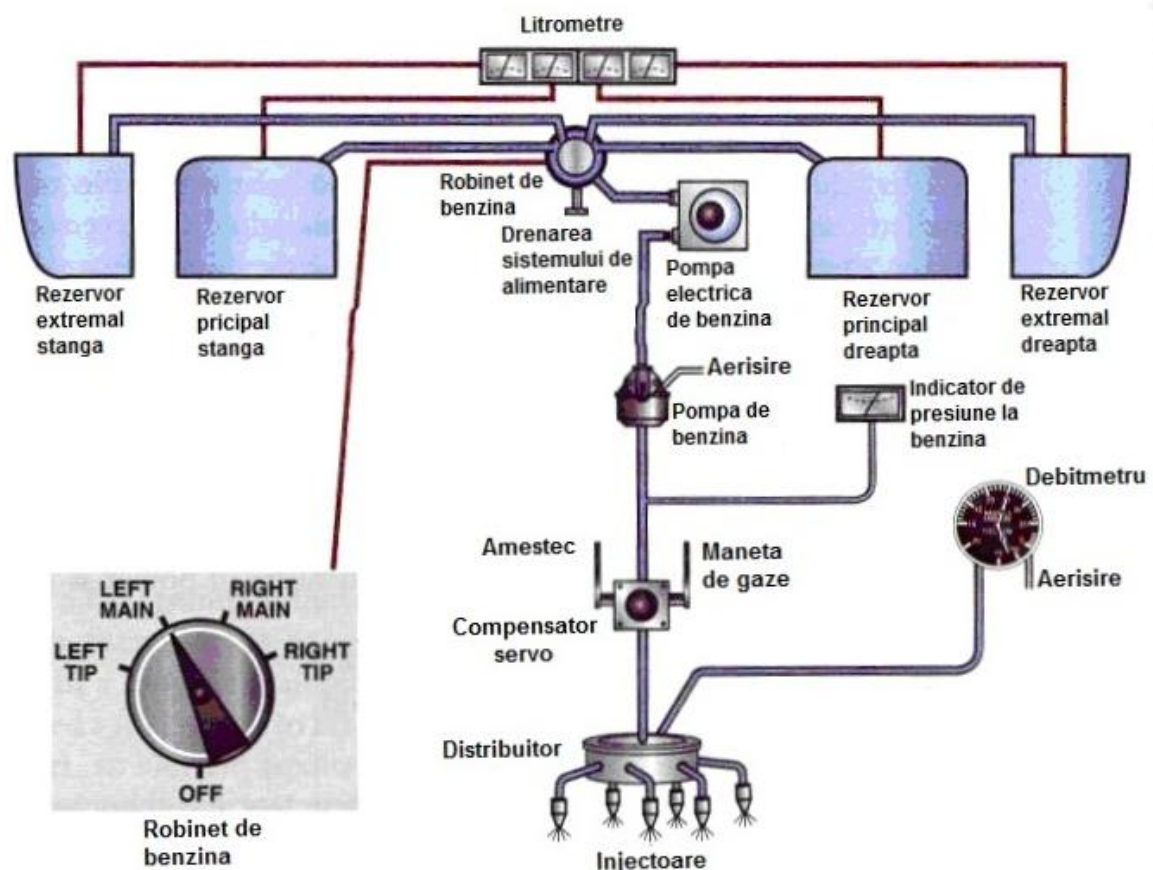


Fig. 2.39. Sistem de alimentare complex

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 că este necesar. Fumatul este interzis pe o rază de min. 50 m în zona de alimentare a aeronavei.

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

2.8. Elicea

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

Elicea nu este prevăzută cu o carcasă, fiind un agregat care utilizează energia de propulsie rezultată din curentul de fluid sau aer care este produs prin mișcarea de rotație a elicei.



Fig. 2.40. Elice bipala

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

2.8.1. Principiu de funcționare

Palele elicei sunt în așa fel amplasate, încât produc prin rotație unde asimetrice de aer sau apă, prin aceasta iau naștere forțe de presiune și absorbție care determină, la rândul lor, formarea unui curent în mediul respectiv.

Fiecare pală a elicei contribuie la acest efect motric de propulsie. Efectul se poate observa la vapoare, sau toate ambarcațiunile cu motor, vehicule cu pernă de aer, avioane, elicoptere. O elice, după principiul de funcționare, este inversul turbinei, prin faptul că cedează energie mediului înconjurător, pe când turbina preia energia potențială din mediul înconjurător. Lățimea palelor este în funcție de unghiul lor de amplasare pe axa elicei, ca și în funcție de viteza de rotație.

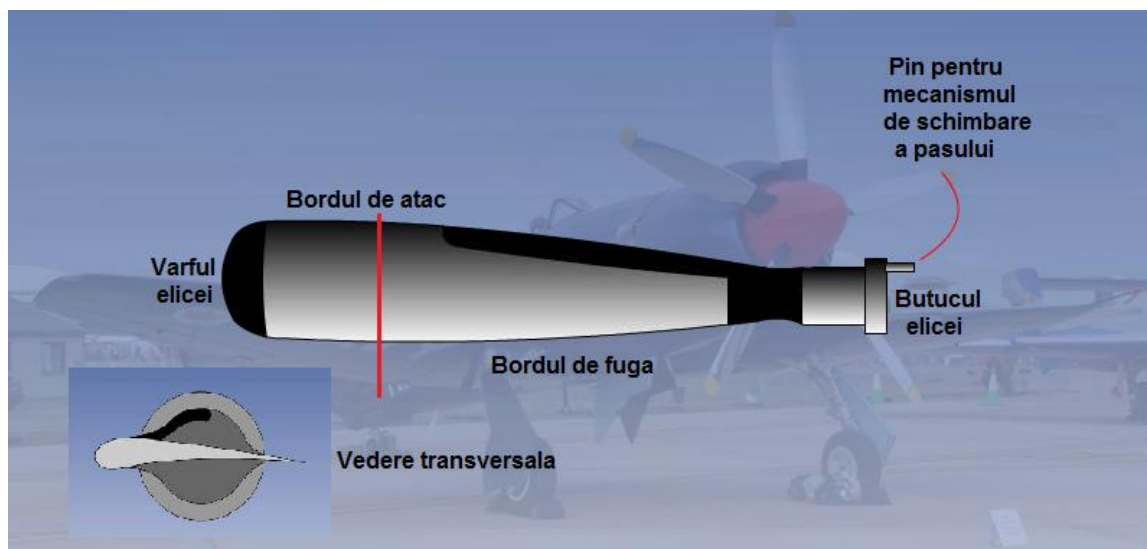


Fig. 2.41. Elementele elicei

Palele au de obicei un profil (lat. fillum = fir) sau contur, o față fiind convexă obligând fluidul să efectueze o cale mai lungă decât pe partea opusă, această diferență de viteză între cele două părți creează efectul de sorb, intensitatea acestui efect putând fi reglată prin modificarea vitezei sau poziției palelor elicei.

Asemănător unei aripi, o pală de elice are o încăstrare 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 încăstrării, 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.

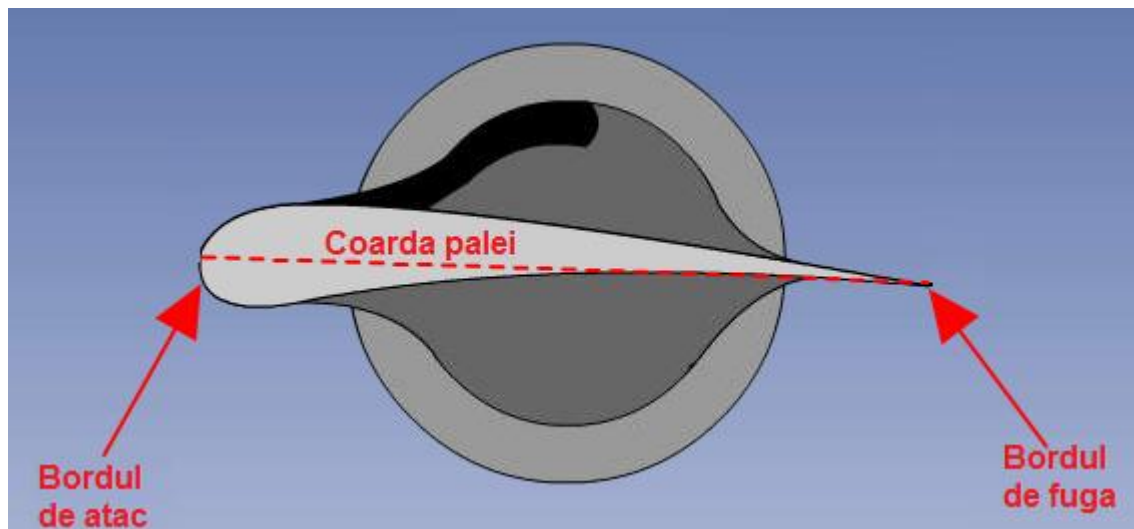


Fig. 2.42. Coarda palei

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, pală elicei este măsurată la aproximativ 75% din lungimea palei, începând de la butuc.

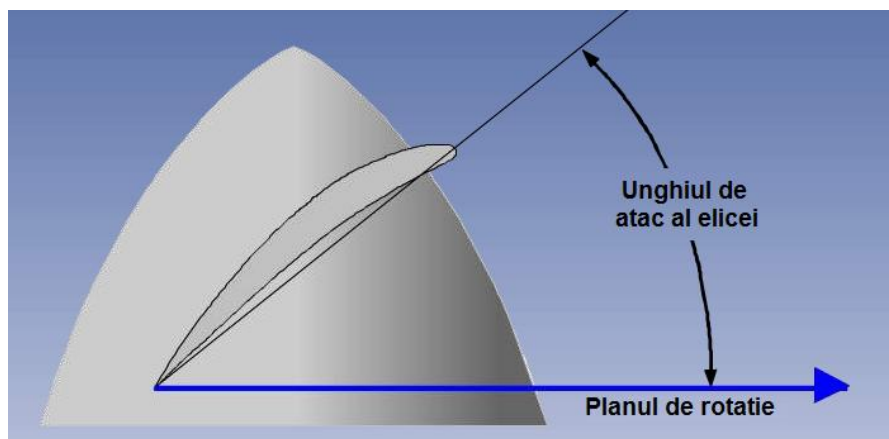


Fig. 2.43. Unghiul palei

Secțiunile 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 rotație a motorului, viteza de rotație a varfului palei este mai mare decât aproape de butuc.

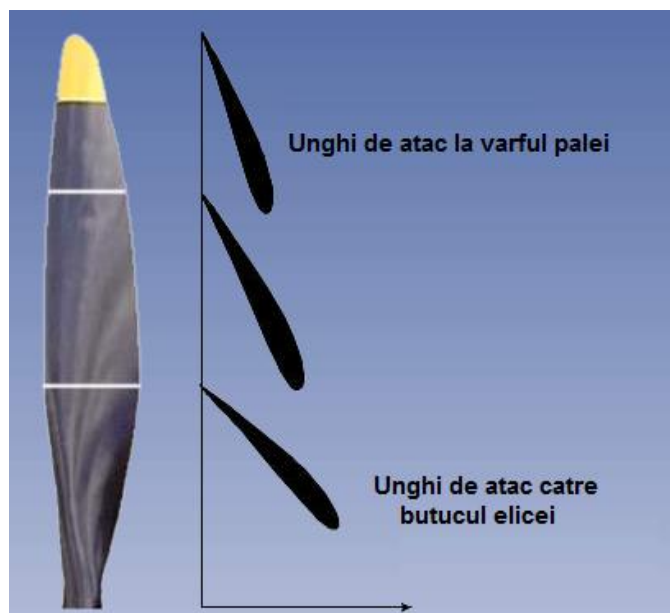


Fig. 2.44. Variația unghiului palei pe lungimea palei

Unghiul palei trebuie să scadă către varf, 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 tirbuson care avansează în lemn pe măsura ce este înșurubat.

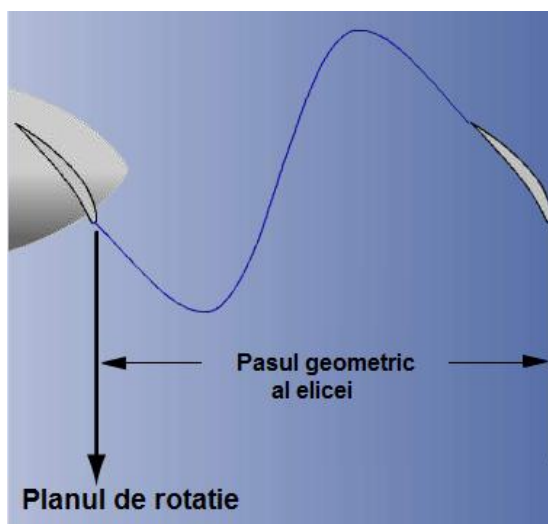


Fig. 2.45. Pasul geometric al elicei

Pasul adevărat al elicei

În zbor, elicea nu se mișcă prin aer cu valoarea pasului geometric, deoarece aerul este considerat un fluid și trebuie luată în considerare alunecarea. Distanța efectivă cu care elicea se deplasează pentru fiecare rotație se numește pasul adevărat al elicei. Diferența dintre pasul geometric și pasul adevărat al elicei se numește alunecare.

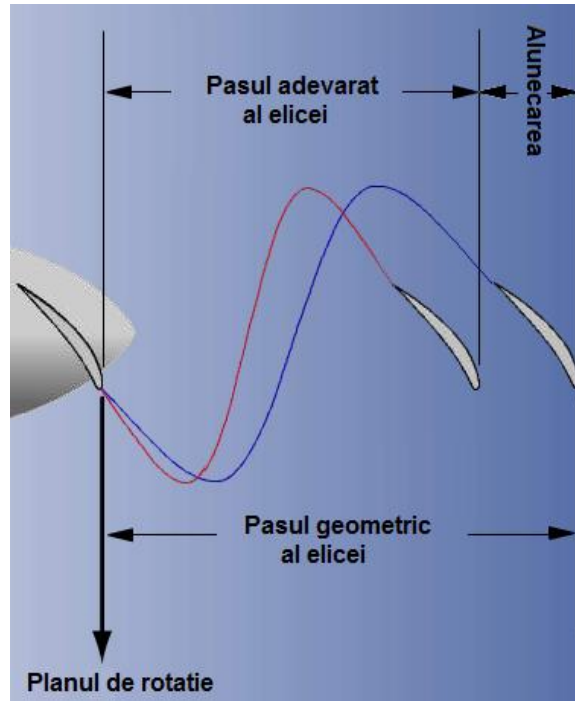


Fig. 2.46. Pasul adevărat și alunecarea elicei

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

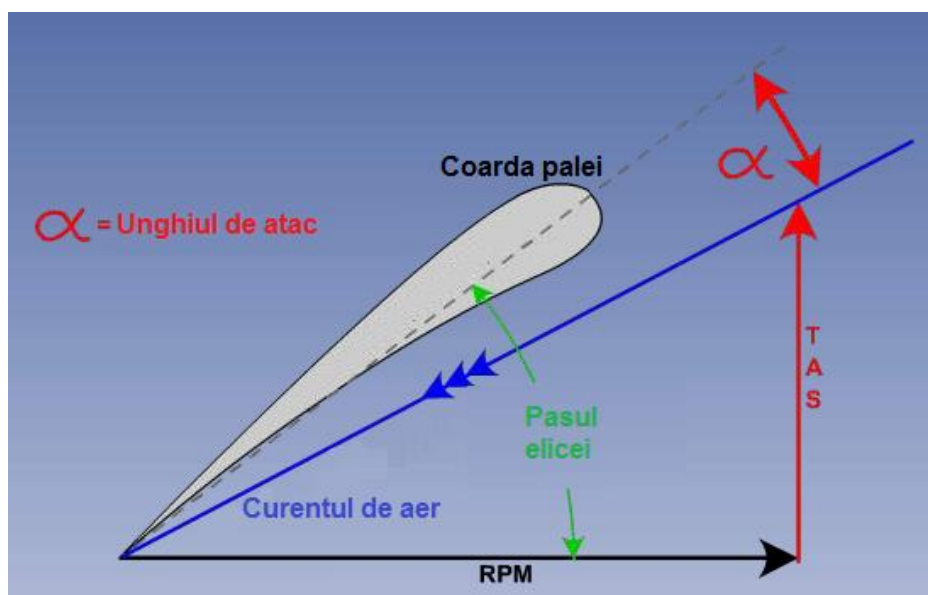


Fig. 2.47. Unghiul de atac al elicei

2.8.2. Momente si forte generate de elice

Cuplul motor

În cazul în care o rotația elicei este în sensul acelor de ceasornic, o reacție egală și de sens contrar (cuplu) va imprima aeronavei un moment de ruluu contrar sensului acelor de ceasornic. În timpul decolării, aceasta va apăsa mai tare roata stângă a trenului principal, determinând o schimbare de direcție către stnga.

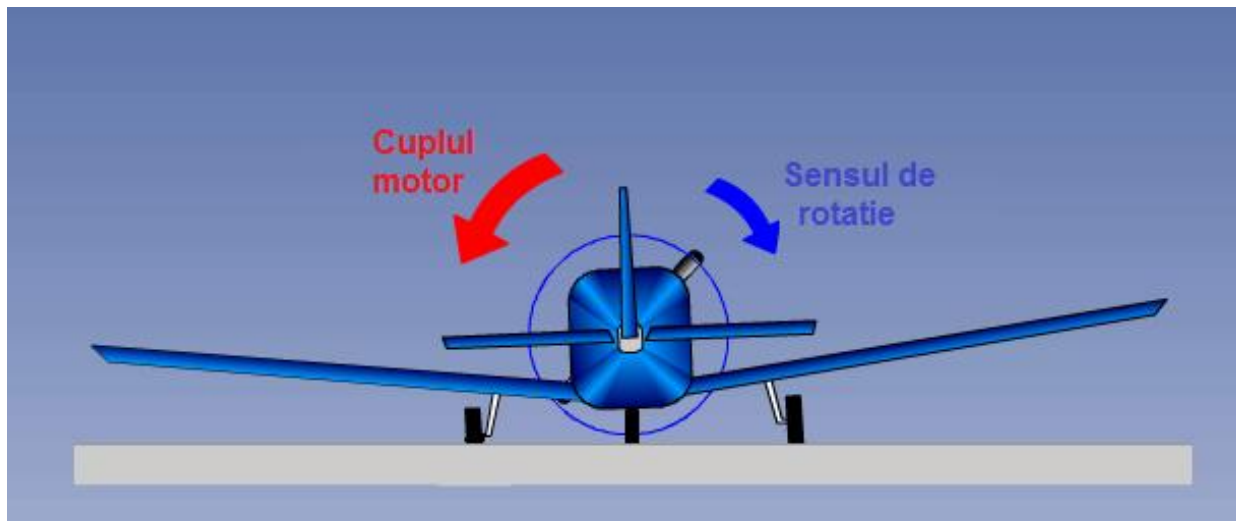


Fig. 2.48. Efectul cuplului motor

În zbor, cuplul se manifestă în același fel, determinând aeronava să schimbe direcția către stnga, în special în cazul în care se folosește întreaga putere a motorului, în condiții de viteză scăzută (decolare, urcare). În mod evident, pentru o elice care se rotește contrar sensului acelor de ceasornic, toate efectele descrise mai sus se manifestă în direcția opusă.

Efectul giroscopic

O elice care se rotește are proprietățile unui giroscop. Ceea ce produce efectul giroscopic este precesia.

Precesia giroscopică este efectul care are loc atunci când o forță este aplicată pe marginea discului care se rotește. Când o forță este aplicată pe marginea discului elicei care se rotește, acțiunea forței se manifestă la un punct aflat la 90° în sensul de rotație și în aceeași direcție ca și forța aplicată.

De exemplu, dacă o aeronavă cu o elice care se rotește contrar sensului acelor de ceasornic (cum se vede din cabina) intră în tangaj (ca în fig. 2.49), aeronava se comportă ca și cum o forță de înaintare a fost aplicată în partea de sus a discului elicei. Dar linia adevărată de acțiune a acestei forțe se manifestă la 90° în sensul de rotație, determinând aeronava să vireze către dreapta.

Următoarele situații sunt valabile pentru o elice cu sensul de rotație invers acelor de ceasornic:

- | | |
|----------------|--|
| CABRAJ: | forță aplicată în partea de jos a discului elicei, efectul are loc la 90° în sensul invers acelor de ceasornic, rezultând schimbarea direcției către stnga; |
| VIRAJ STANGA: | forță aplicată în partea dreaptă a discului elicei, efectul are loc la 90° în sensul invers acelor de ceasornic, rezultând un picaj; |
| VIRAJ DREAPTA: | forță aplicată în partea stnga a discului elicei, efectul are loc la 90° în sensul invers acelor de ceasornic, rezultând un cabraj. |

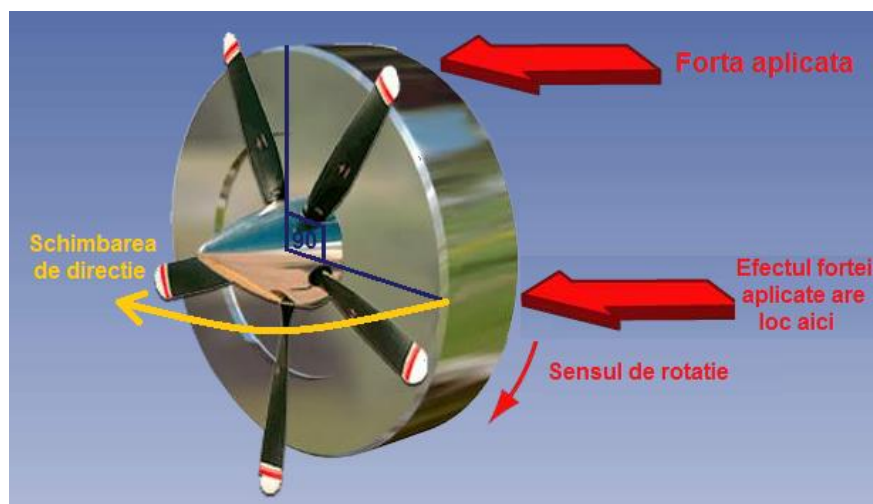


Fig. 2.49. Efectul giroscopic al elicei

Efectul de spirală

În timp ce elicea se rotește, produce un curent de aer, sau suflul elicei, care se învârtă în jurul aeronavei (fig. 2.50). Acest suflu determină o schimbare în scurgerea de aer din jurul ampenajului vertical.

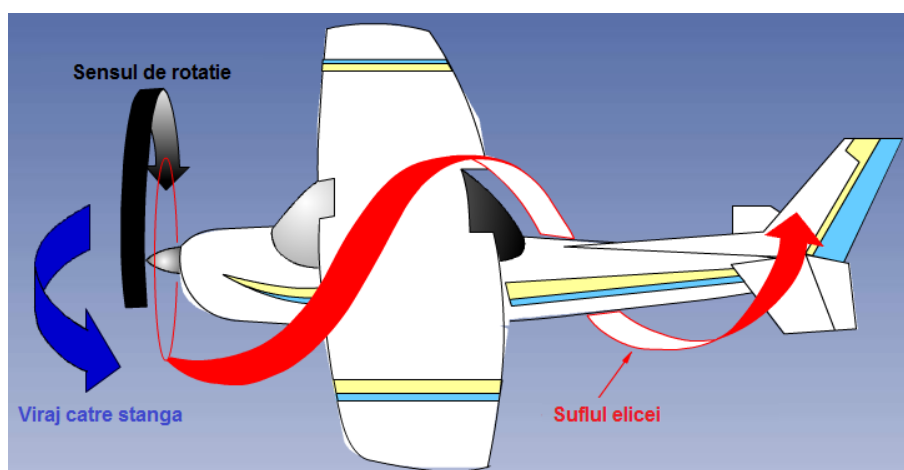


Fig. 2.50. Efectul de spirală al suflului elicei

În cazul aratat mai sus, din cauza rotirii elicei în sensul acelor de ceasornic, suflul elicei ia contact cu ampenajul vertical într-un unghi din stanga, determinând apariția unei forțe laterale către dreapta, și, implicit, o schimbare de direcție către stanga.

Efectul de spirală poate fi redus printr-un trimer de direcție, linia pe care acționează puterea motorului să fie înclinată ușor către dreapta, sau acționarea ușoară a direcției.

2.8.3. Elicea cu pas fix

Dezavantaje

O elice cu pas fix întâlnește curentul de aer dintr-o direcție determinată de viteza proprie a aeronavei și de turația motorului. Cum arată fig. 2.47, o creștere a vitezei (crește vectorul TAS) determină o scădere a unghiului de atac al palei. De asemenea, o creștere a turației (crește vectorul RPM) determină o mărire a unghiului de atac.

Eficiența acestui tip de elice

La o viteză de înaintare mare (de exemplu, într-un picaj fără putere), unghiul de atac al palei se reduce la zero și apare supraturarea motorului, în timp ce la viteză mică și turație mare (de exemplu, într-o urcare) unghiul de atac al palei este mare și apare posibilitatea angajării palei.

Ambele extreme sunt, evident, ineficiente. O elice cu pas fix va funcționa eficient la o anumită combinație de viteză (TAS) și turație (RPM), ceea ce determină un unghi de atac al palei eficient. Aceasta limitare este un dezavantaj major al elicei cu pas fix, eficiența maximă a acestui tip de elice fiind în zona de 70%.

2.8.4. Elicea cu pas variabil

La o aeronavă echipată cu o elice cu pas fix, pilotul are la îndemână o singură metodă de a mări sau scădea puterea motorului, prin variația turației motorului. În cazul unei elici cu pas variabil, atât turația motorului cât și unghiul de atac al elicei pot să varieze pentru a controla puterea motorului. Există diferite tipuri de elice cu pas variabil.

Elicea cu pas reglabil la sol

La acest tip de elice, pasul se reglează la sol, prin repositionarea palelor în butuc. În zbor, acestea se comportă ca elice cu pasul fix.

Elicea de tip viteză constantă

Aeronavele moderne au elice care sunt controlate automat pentru a varia pasul cu scopul de a menține o turație anume selectată. Mecanismul de control este regulatorul de ture. O elice de tip viteză constantă are avantajul unei eficiențe ridicate pentru o rază mai mare de viteze, obținându-se, astfel, performanțe ridicate la decolare și urcare, precum și consum redus de combustibil.

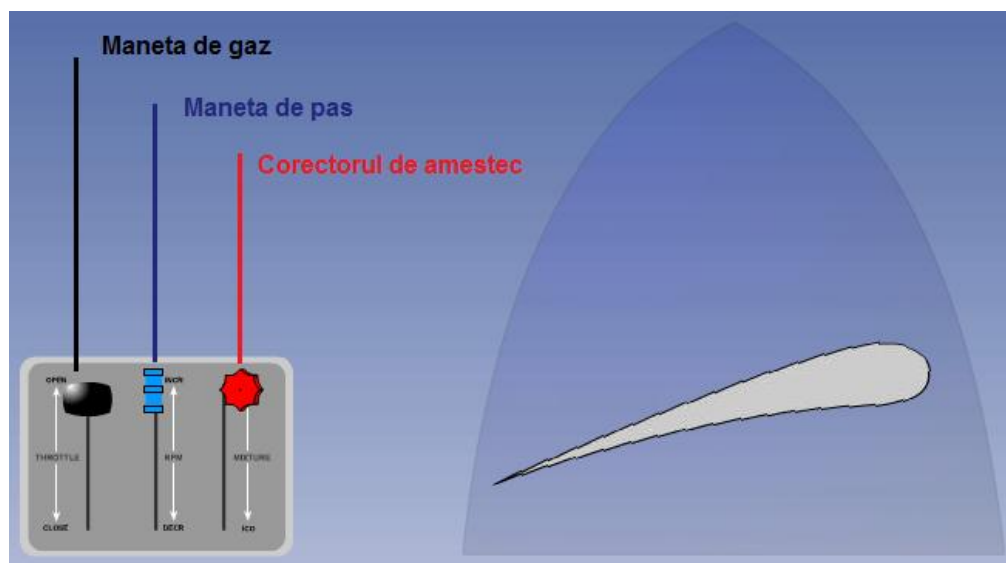


Fig. 2.51. Controlul motorului și al elicei

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 prezentate 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 descreste 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 celelalte 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).

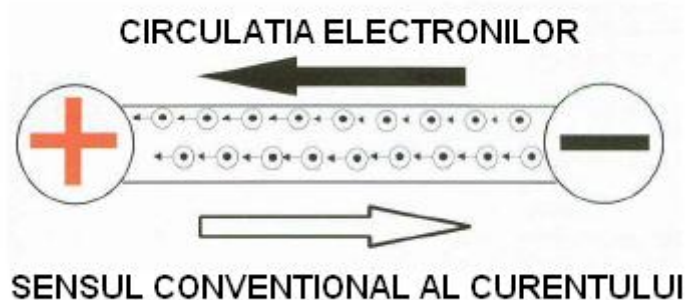


Fig. 3.1.

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 printr-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 generat 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 a 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.

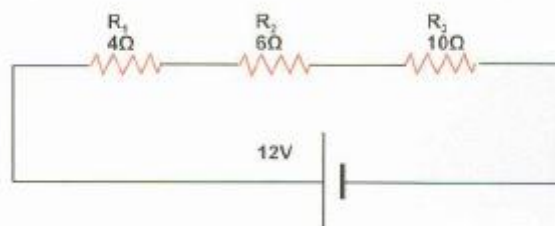
Consumatorii de energie electrică sunt, în general, cu mici excepții (cum ar fi, spre exemplu motoarele electrice) asimilate cu rezistențe electrice, adică dispozitive electrice ce consumă un curent electric proporțional cu tensiunea electrică de la bornele sale, sau, altfel spus, $U = I \times R$, unde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

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

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

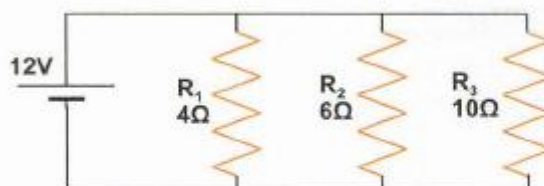
Într-un circuit electric, rezistențele se pot grupa în serie sau în paralel (sau combinat):

CONECTARE ÎN SERIE



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

CONECTARE ÎN 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 urgenta.

Majoritatea avioanelor usoare au o baterie cu acid care creeaza curent electric (amperi) printr-o relatie chimica intre placile principale introduse in acid sulfuric slab care actioneaza ca un electrolit. Pentru a preveni coroziunea de la vreo scurgere de acid, bateria este de obicei localizata in propriul sau compartiment. Bateria trebuie sa fie ventilata pentru a elimina hidrogenul si oxigenul format cand aceasta este incarcata.

Bateriile sunt clasificate in functie de voltajul de-a lungul terminalelor – de obicei 12 sau 24 volti - si capacitatea lor de a oferi curent pentru o anumita perioada de timp (amperi/ora – Ah).

O baterie de 30Ah este capabila sa ofere constant curent de 1 amper pentru 30 ore (sau 6 amperi pentru 5 ore). Daca energia sa electrica este epuizata, de exemplu prin pornirea motorului, bateria are nevoie sa fie reincarcata. Aceasta are loc, de obicei, dupa ce motorul porneste cand absoarbe energie produsa de alternator. Cea mai mare scurgere de curent din baterie are loc in timpul pornirii, cand ofera energie electrica motorului de pornire – asa ca cea mai mare rata de reincarcare a bateriei va avea loc in mod normal imediat dupa pornirea motorului.

Conectarea a doua baterii de 12 volti 40Ah in paralel este echivalenta cu o singura baterie de 12 volti 80Ah.

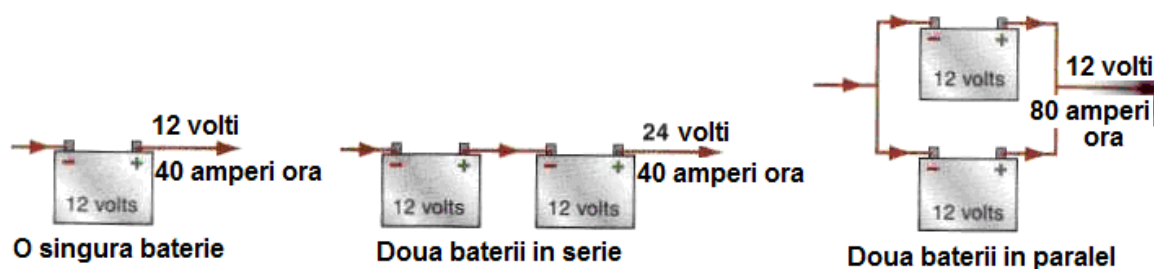


Fig. 3.3. Baterii conectate in serie si in paralel

Utilitatea bateriei poate fi verificata prin:

- testarea aciditatii lichidului electrolit folosind un hidrometru.
- verificarea faptului ca isi mentine voltajul sub incarcare.
- verificarea faptului ca lichidul acopera placile. Daca nivelul fluidului este foarte jos sub nivelul varfului placilor, bateria nu isi va pastra incarcarea completa pentru foarte mult timp, si ampermetrul va indica o rata ridicata de incarcare in zbor.
- scurgerile, conexiunile si securitatea bateriei ar trebui de asemenea verificate. Aceasta are loc in cadrul programului normal de intretinere de catre ingineri.

Nu plecati la zbor cu o baterie descarcata – rezultatul ar putea fi lipsa energiei electrice in timpul zborului. Daca bateria este descarcata, inlocuiti-o sau reincarcati-o inaintea zborului.

Nu porniti motorul cu radioul sau alte echipamente electrice si electronice (avionics) pornite. Fluctuatii mari de voltaj cand starterul este cuplat pot dauna sever circuitelor electrice sensibile. Porniti acest echipament electric auxiliar dupa ce motorul este pornit, si dupa ce ati verificat ca alternatorul incarca bateria. Pentru aceleasi motive, opriti echipamentul electric si electronic (avionics) auxiliar inainte de a opri motorul.

3.1.4. Alternatorul și generatorul

Alternatoarele și generatoarele produc energia electrică necesară pentru a încărca bateria și pentru funcționarea echipamentului electric al aeronavei. Simplu spus, în timp ce generatorul produce curent continuu, alternatorul produce curent alternativ și, prin blocul de diode, schimbă curentul alternativ în curent continuu, care apoi alimentează circuitul.

În timp ce un generator are nevoie ca motorul să meargă la jumătate din turația maximă ca să genereze curent la parametrii maximi, un alternator poate genera aproximativ maximul de putere chiar și la ralanti.

Atunci când motorul este în funcțiune, alternatorul produce curent electric pentru a încărca bateria și pentru a opera sistemele aeronavei. Anumite tipuri de aeronave au generator, în loc de alternator. Din punctul de vedere al pilotului, circuitele de control ale generatorului și alternatorului sunt foarte asemănătoare, singura diferență notabilă fiind că circuitul unui alternator include un bloc de diode. Acest bloc de diode schimbă curentul alternativ în curent continuu, o procedură care nu este necesară în cazul unui generator, deoarece acesta produce curent continuu.

În plus față de furnizarea energiei pentru echipamentul electric, o funcție importantă a alternatorului sau generatorului este de a reîncărca bateria, asigurându-se că este pregătită pentru a fi folosită mai departe. Majoritatea sistemelor electrice ale avioanelor sunt de curent continuu de 14 sau 28 volți. Notati că aceste volaje sunt mai mari decât ale bateriei, pentru a permite bateriei să fie încărcată complet.

Avantajele unui alternator

Alternatoarele sunt mai ușoare decât generatoarele deoarece nu conțin electromagneți și nu au dimensiuni la fel de mari. Produc un voltaj relativ constant, chiar la turații scăzute și sunt mai ușor de întreținut.

Dezavantajul unui alternator

Spre deosebire de un generator, un alternator necesită un curent inițial de la baterie pentru a crea un câmp magnetic, necesar pentru a "sensibiliza" alternatorul înainte să poată produce curent electric. De aceea un avion cu alternator trebuie să aibă o baterie încărcată. Dacă elicea se învârtă la turație de demaror sau la turație de ralanti, alternatorul nu va produce curent dacă bateria nu are cel puțin un voltaj rezidual. Avantajele unui alternator depășesc totuși acest dezavantaj.

3.1.5. Ampermetrul

Ampermetrul măsoară curentul (în amperi) către sau dinspre baterie. Există două tipuri diferite de prezentări ale ampermetrelor și trebuie să înțelegeți ce anume va spune instrumentul.

Apermetrul de zero–stanga

Aceasta măsoară doar randamentul alternatorului sau generatorului. Este gradat de la zero amperi la capatul stâng al scalei, crescând în amperi la capatul drept al scalei – sau poate fi arătat ca un procent al încărcării alternatorului.

Cu bateria funcțională și cu motorul oprit, sau cu motorul pornit și cu alternatorul oprit, ampermetrul va arăta zero. Dacă motorul este pornit și alternatorul pornit de asemenea, ampermetrul va arăta încărcarea alternatorului.

În timpul pornirii, bateria descarcă energia electrică, astfel că, imediat după pornirea motorului, indicatorul ampermetrului va fi destul de ridicat în timpul reîncărcării inițiale a bateriei.

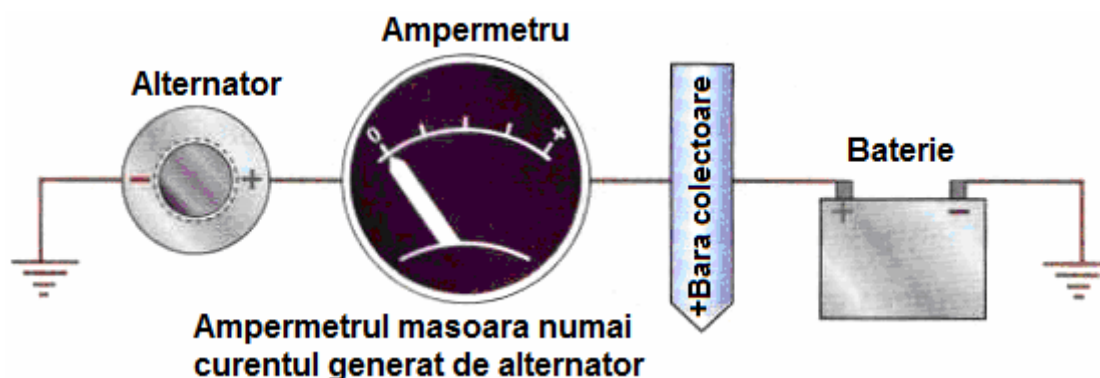


Fig. 3.4. Ampermetrul de zero-stanga

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 insuficientei 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.

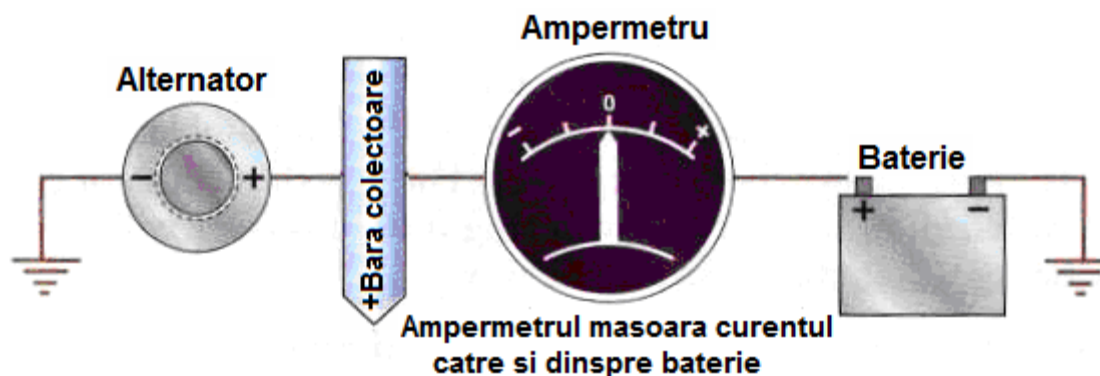


Fig. 3.5. Ampermetrul de centru-zero

In cazul in care acul ampermetrului de centru-zero sta centrat 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 oprite, altminteri bateria va fi complet descarcata.



Fig. 3.6. Ampermetru Aerostar Festival

3.1.6. Contactul general

Contactul general (sau pornirea bateriei/pornirea alternatorului) controlează toate sistemele electrice ale avionului, cu o excepție importantă – sistemul de combustie, care primește energie electrică direct de la inductor. (acest aspect nu este complet adevărat dacă avionul are un ceas electric, care va consuma doar o cantitate mică de energie).

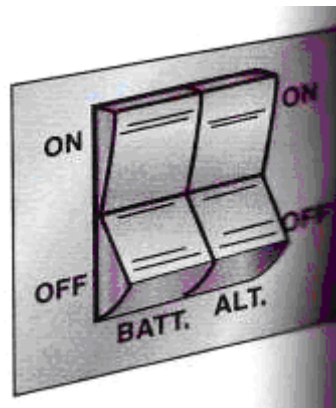


Fig. 3.7. Contact general

Contactul general trebuie să fie pornit pentru ca oricare alt sistem electric să primească energie, sau pentru ca bateria să fie reîncărcată când motorul este pornit. Ar trebui închis după ce opriți motorul, pentru a evita ca bateria să se descarce prin sistemele conectate la ea.

La avioanele care au alternator, contactul general este împărțit (cu două jumătăți care pot fi aprinse și oprite separat). O jumătate operează pornirea bateriei (sau releu principal pentru sistemele electrice), care conectează energia bateriei de bară colectoare (punctul de distribuție electrică). Cealaltă jumătate operează pornirea alternatorului, pentru a energiza alternatorul. Conectează câmpul alternatorului de bară colectoare, oferind astfel alternatorului energie de la baterie pentru sensibilizarea câmpului.

Ambele circuite trebuie pornite pentru a opera sistemul electric în mod normal. Dacă oricare circuit este oprit în timpul zborului, atunci trebuie să luați în considerare eventualitatea unei aterizări de urgență.

3.1.7. Alarmer, disjunctoare si sigurant

Acestea au rolul de a proteja echipamentul de orice supraincarcare cu curent electric. Daca are loc o supraincarcare electrica sau un scurt-circuit, o siguranta se va topi sau un disjuncter (sau siguranta automata; circuit breaker) care va sari si va intrerupe circuitul astfel incat sa nu mai poata trece curent prin el.

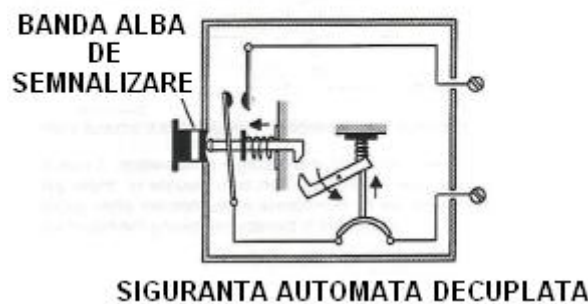
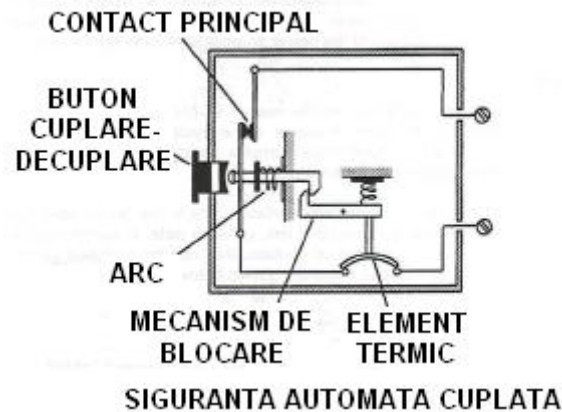


Fig. 3.8.

Acestea pot preveni in circuit supraincalzirea. Este un procedeu normal (daca nu simtiti vreun miros sau un alt semn de ardere sau supraincalzire) pentru a reseta un disjuncter doar o data, impingindu-l inapoi sau resetandu-l. Daca acesta iese din nou puteti fi sigur ca este o problema electrica si nu ar trebui resetat a doua oara. In mod similar o siguranta nu ar trebui inlocuita mai mult de o data (verificand mai intai incarcarea corecta a firului inlocuitor). Sigurante de rezerva de tipul corect ar trebui sa fie disponibile in cabina. Nu inlocuiti o siguranta oxidata cu una cu mai multe grade (de exemplu 15 amp este o gradare mai mare decat 5 amp) deoarece aceasta poate permite curentului excesiv sa treaca prin circuitul electric pe care se presupune ca il protejeaza. Ar putea aparea un foc electric.

Intrerupatoarele supraincarcate se vor opri singure de la incarcatura electrica. Le puteti reconecta ca pe un intrerupator de circuit resetabil. Unele carti despre avioane recomanda o intarziere de un minut sau doua inainte de resetare pentru a permite racirea circuitului posibil supraincarcat. Daca detectati foc, fum sau miros de ars, este de sfatuit sa fiti precaut. Nu este bine sa resetati disjunctorul sau sa inlocuiti siguranta in astfel de cazuri.

3.1.8. Releele

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

În 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.

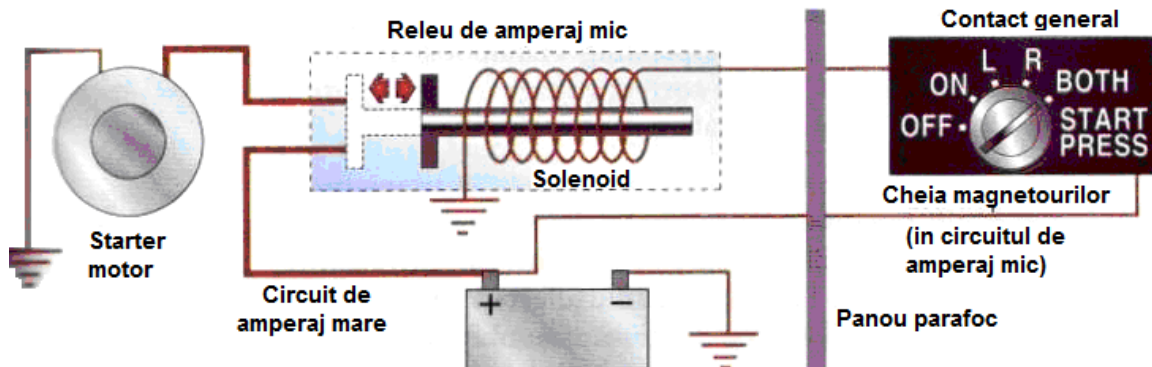


Fig. 3.9. Circuitul releului de amperaj mic activează circuitul starterului de amperaj mare

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

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

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

3.1.9. Sursa externă de energie

Avioanele ușoare 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, când 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 bransată 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 bransată în circuitul avionului. Există alte sisteme care operează diferit de acesta, așa ca verificați în manualul de operare al pilotului. Asigurați-vă că aveți o unitate de energie împământată sau că este folosit voltajul corect. (Dacă puneți o unitate de 28V într-un avion cu sistem electric de 12 volți va dauna radiourilor și electricelor).



3.1.10. Defecte electrice

O supraincarcare electrica va cauza in mod normal ca o siguranta sa se topeasca sau disjunctorul sa sara. Acesta protejeaza circuitul afectat. Așteptati 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 partial 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 urgenta pentru energia electrica. Pentru a mari perioada pentru care bateria poate oferi energie in urma defectarii 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 adecvat 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.

Verificați diagrama sistemului electric pentru avionul dumneavoastră.

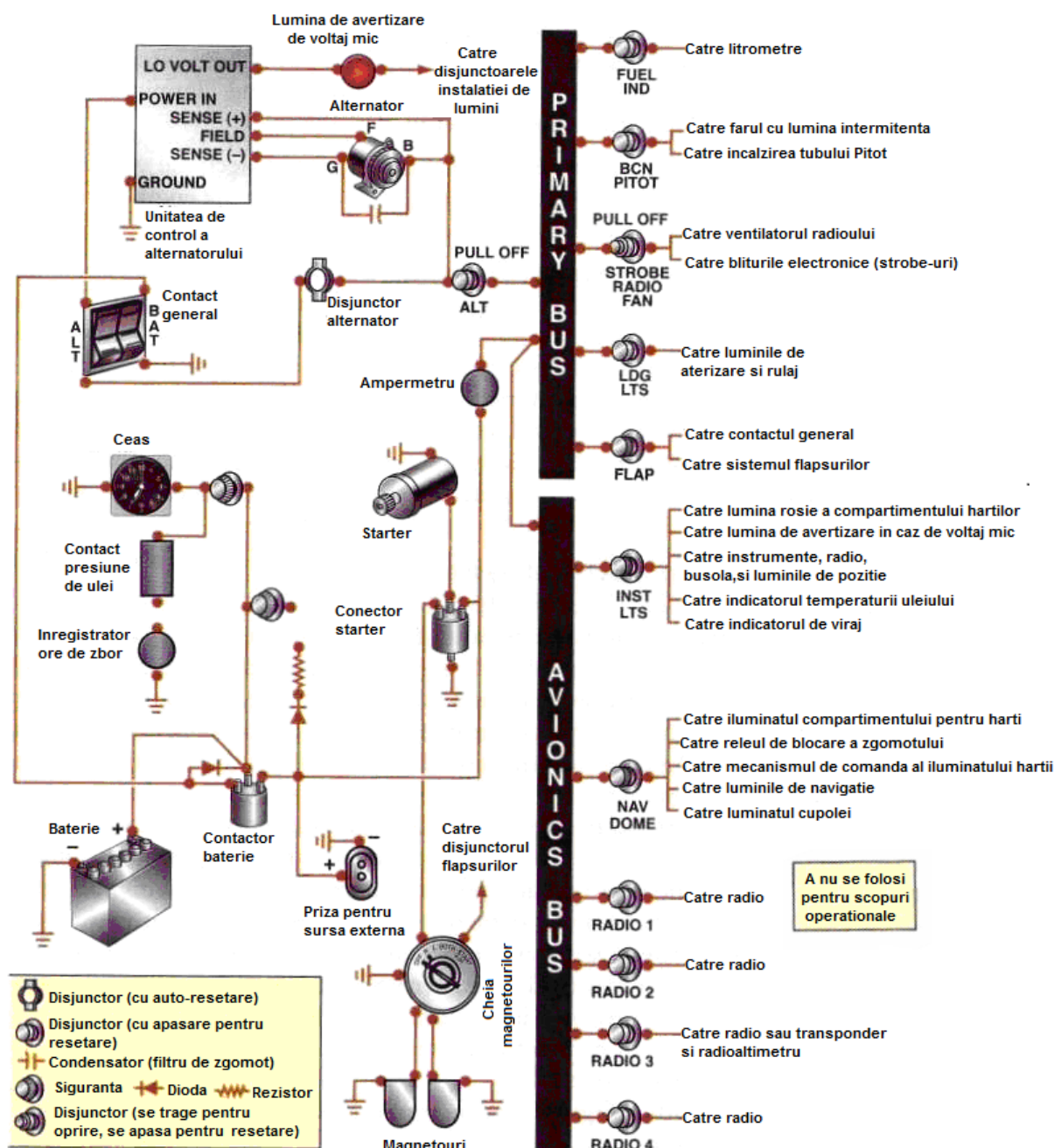


Fig. 3.10. Sistemul electric al unei aeronave

3.2. Sistemul de vacuum

Giroscoapele din instrumentele de zbor pot fi actionate electric sau printr-un flux de aer de mare viteza, directionat catre cupele de pe perimetrul 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.

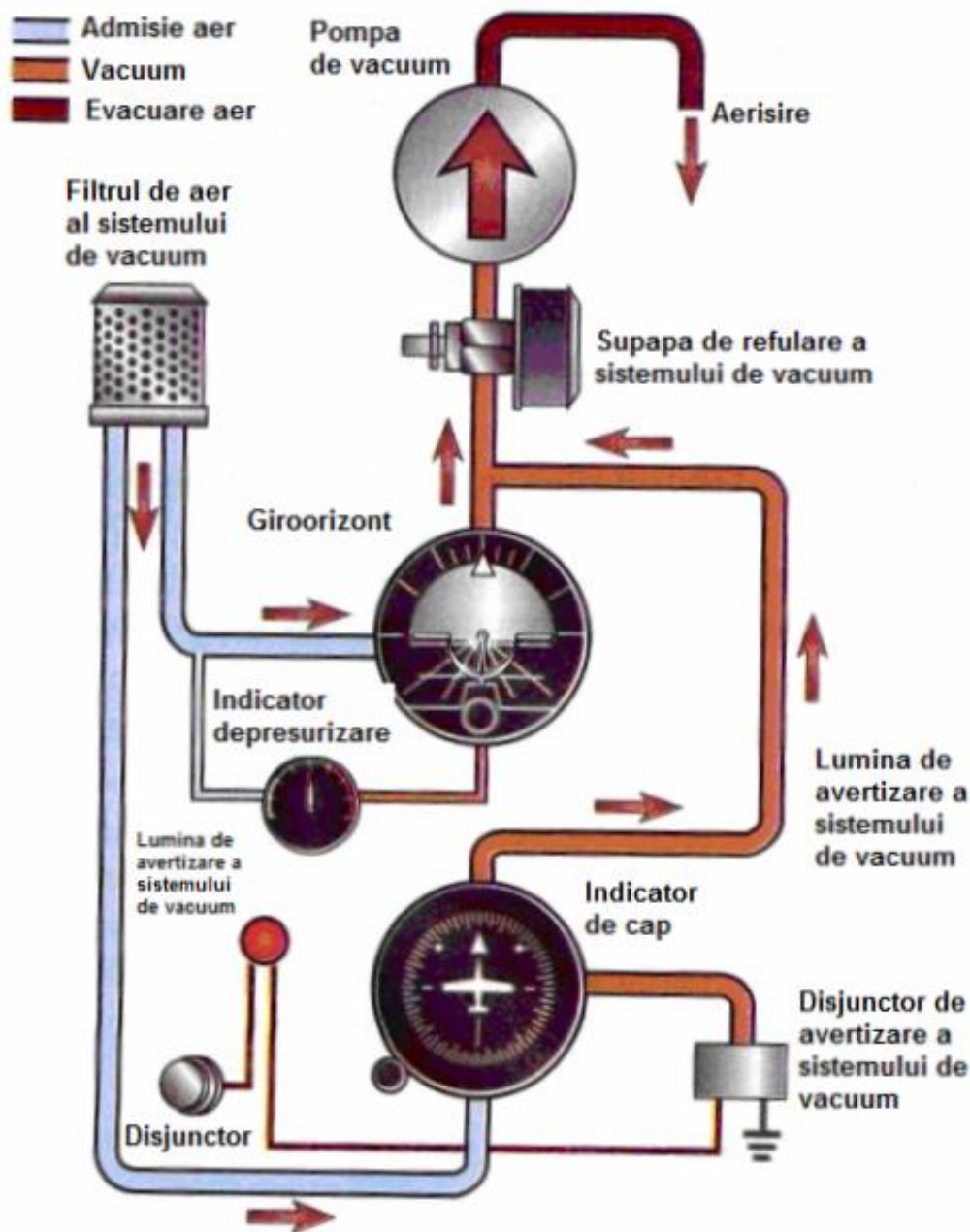


Fig. 3.11. Sistemul de vacuum

3.2.1. Pompa de evacuare

Majoritatea sistemelor de vacuum moderne folosesc o pompa de aspiratie dirijata de motor. Aceasta evacueaza aerul din carcasele instrumentelor determinate giroscopic, creand un "vacuum" (presiune scazuta).

Absorbția necesară este de 3 până la 5 inci coloana de mercur (adică o presiune cu 3 până la 5 inci de mercur mai scăzută decât presiunea atmosferică), indicată în cabina într-un calibru de absorbție. Aerul filtrat este tras încontinuu la viteză mare printr-o duză direcționată la racordurile giro, făcând ca aceste giroscopuri să se rotească la rpm ridicată, adesea peste 20.000 rpm. Aerul este absorbit încontinuu de pompa de absorbție și eliberat în atmosferă.

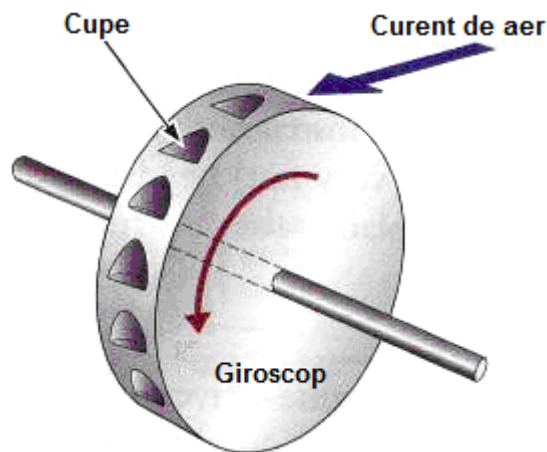


Fig. 3.12. Cupele giroscopului

Giroscopurile de "carcasa"

Când aceste instrumente giro nu sunt folosite, ar trebui normal să fie puse în carcasă (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 (giroorizontul trebuie blocat la zborurile acrobatice).

3.2.2. Defecțiuni ale sistemului de vacuum

Filtrul de aer blocat. Dacă filtrul de aer se blochează, sau sistemul de vacuum se strică, curentul de aer redus poate permite giroscopelor să scadă rotația treptat, și instrumentele care funcționează cu aer vor indica incorect sau vor răspunde cu întârziere.

Insuficiența pompei de evacuare. Aceasta va fi indicată de o citire zero a indicatorului de absorbție. Cu puțin noroc, giroscopurile pot avea suficientă viteză să permită instrumentelor o citire corectă pentru un minut sau două înainte ca aceste instrumente să epuizeze energia.

Vacuum în exces. Dacă presiunea de golire este prea mare, rotoarele giro se pot roti prea repede și pot suferi daune mecanice. Pentru a preveni acest lucru, o supapă de golire în sistem va admite aerul din atmosferă pentru a reduce absorbția excesivă.

Unele avioane (în special cele mai vechi) au sistemul de vacuum operat printr-un tub venturi în afara ramei aerului. Când aerul curge prin tub și viteza acestuia crește datorită formei tubului, presiunea statică scade (principiul lui Bernoulli). Această zonă de presiune scăzută, dacă este conectată cu carcasele instrumentelor giro, va face ca aerul să fie tras printr-un filtru intern și să rotească giroscopurile, ca în sistemul condus de motor.

Înainte ca sistemul de vacuum generat de venturi să poată lucra, trebuie să existe un curent de aer adecvat prin tubul venturi. Acesta este creat în mod normal prin mișcarea avionului prin aer, un curent de aer suficient este creat la vitezele de zbor. Pot exista câteva minute după decolare înainte ca giroscopurile să se rotească destul de repede astfel încât indicațiile instrumentelor să fie credibile.

Acesta este un dezavantaj semnificativ prin comparație cu sistemul generat de motor. Alte dezavantaje sunt frânarea crescută generată de tubul venturi montat în exterior, și posibilitatea să fie afectat de gheață (ca un carburator).

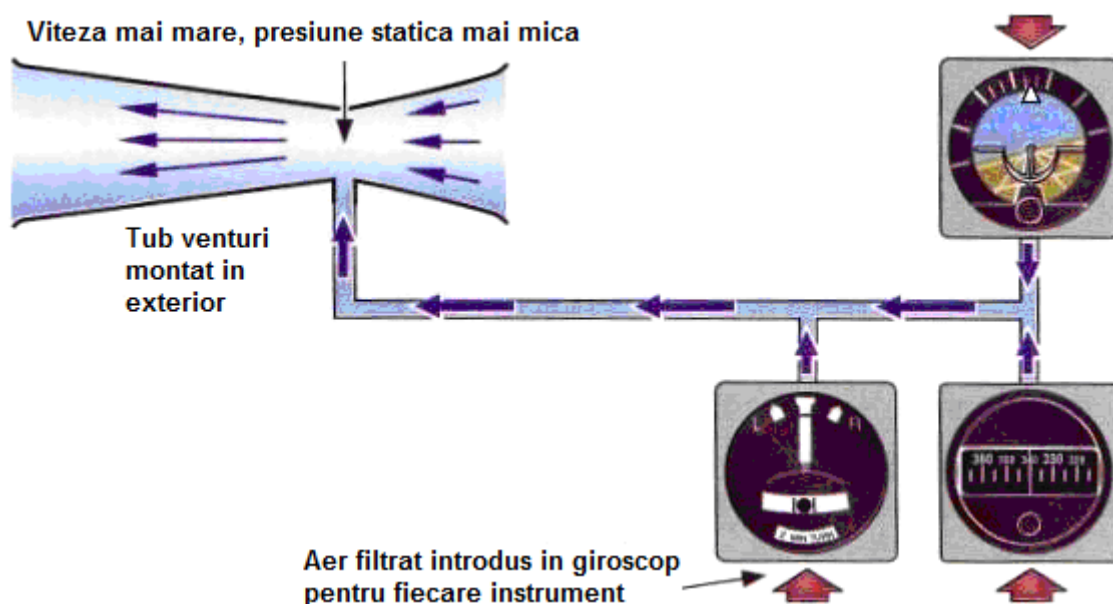


Fig. 3.13. Curentul de aer care trece printr-un tub venturi poate crea suucțiune și astfel să alimenteze sistemul de vacuum



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 variații în presiunea aerului;
- instrumente giroscopice – ce utilizează proprietățile inerției giroscopice;
- instrumente magnetice – ce folosesc câmpul magnetic al pământului.
- instrumentele pentru monitorizarea grupului motopropulsor

Instrumentele principale de zbor ce informează pilotul despre viteza aerului (vitezometrul), altitudinea (altimetrul) și 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, apăsând în jos. Așa cum sugerează și numele său, presiunea statică nu presupune mișcarea relativă a aerului. Presiunea statică este măsurată pe suprafața unui avion cu ajutorul unei supape statice.

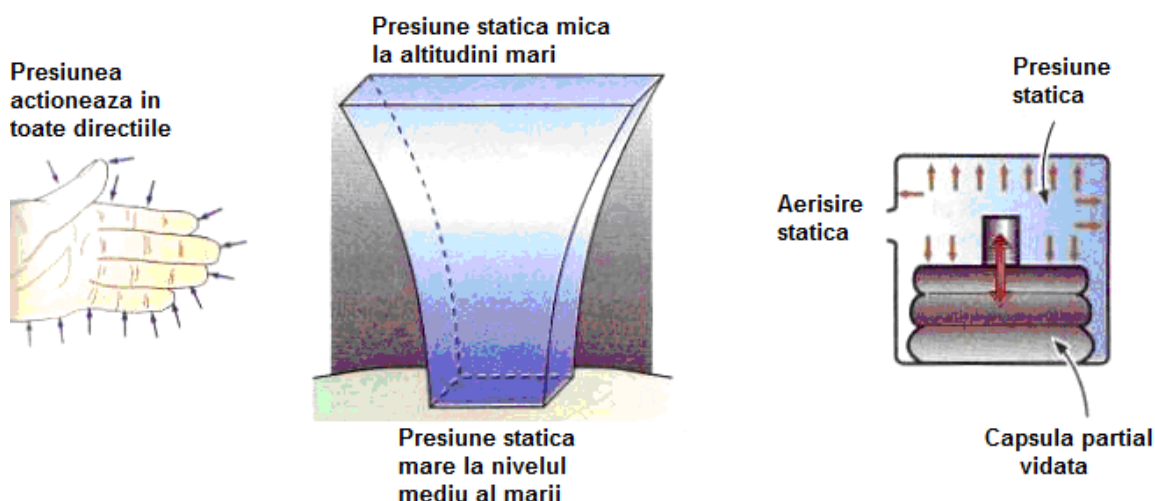


Fig. 4.1. Presiunea statică

4.1.2. Presiunea dinamică



Dacă țineți mâna dreaptă contra vântului puternic sau în afara ferestrei aflându-vă într-o mașină în mișcare, atunci se simte o presiune în plus datorită vântului care lovește mâna dumneavoastră. Această presiune în plus se numește presiune dinamică sau presiune datorată mișcării relative. Este simțită de corpul ce se mișcă în raport cu aerul, adică ar putea să se miste prin aer sau aerul ar putea să curgă pe lângă acesta.

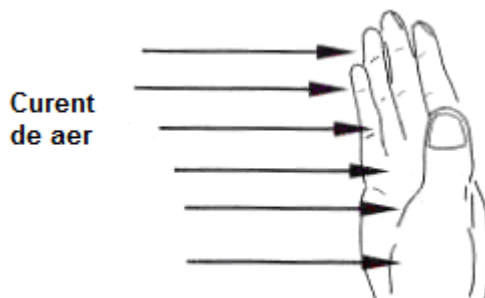


Fig. 4.2. Presiunea dinamică

Cât de puternică poate fi această presiune dinamică depinde de doi factori:

- Viteza corpului în raport cu aerul. Cu cât mașina circula mai repede sau cu cât vântul suflă mai tare, cu atât presiunea dinamică în plus pe care o simțiți pe mâna este mai puternică. Acest lucru se întâmplă din cauza faptului că mâna este lovită de mai multe molecule de aer pe secundă.
- Densitatea aerului. În cosmos, oricât de repede ați călători, nu veți simți această presiune dinamică pentru că practic nu sunt molecule care să lovească.

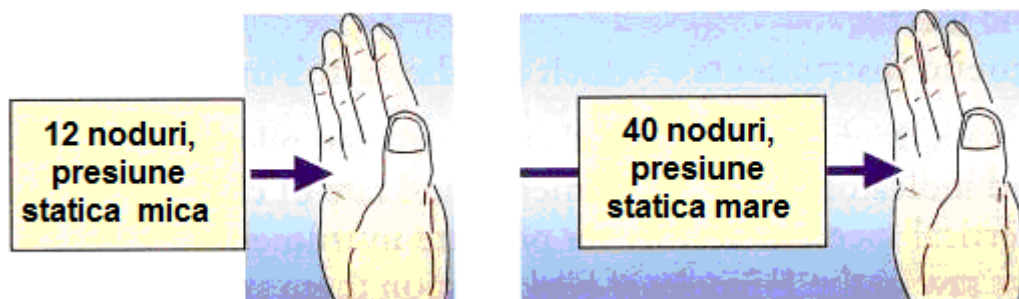


Fig. 4.3. Presiunea dinamică crește cu viteza

La nivelul mării, acolo unde atmosfera este cea mai densă, mâna dumneavoastră ar fi lovită de multe molecule pe secundă, cu siguranță mult mai multe decât cele din zonele superioare ale atmosferei. Deci, chiar dacă ați călători cu aceeași viteză veți simți o presiune dinamică mult mai joasă în regiunile mai înalte și mai puțin dense ale atmosferei.

La altitudini mari, ați simți o presiune dinamică mai mică decât la altitudini mai joase, unde atmosfera este mai densă, chiar dacă vă deplasați prin aer cu aceeași viteză. Măsură presiunii dinamice se scrie:

Formula presiunii dinamice este:

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

P_d – presiunea dinamică,

ρ - densitatea aerului, ce scade odată cu altitudinea,

V - viteza corpului în raport cu aerul

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

Presiunea dinamică variază în mod direct cu V^2 .

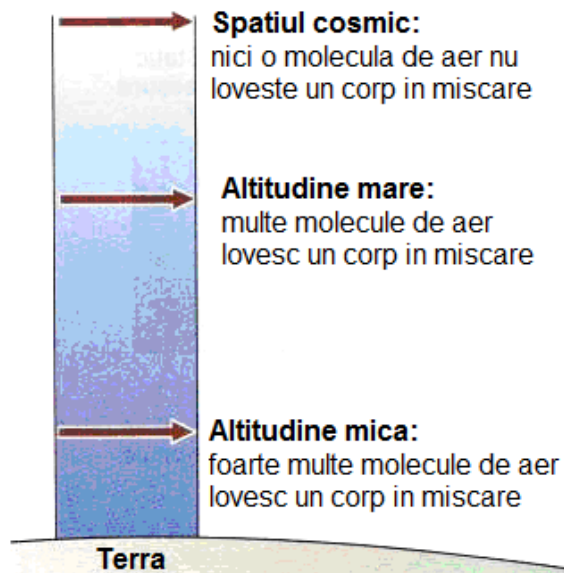


Fig. 4.4. Presiunea dinamica depinde de densitatea aerului

4.1.3. Presiunea totală

În atmosferă, întotdeauna 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.

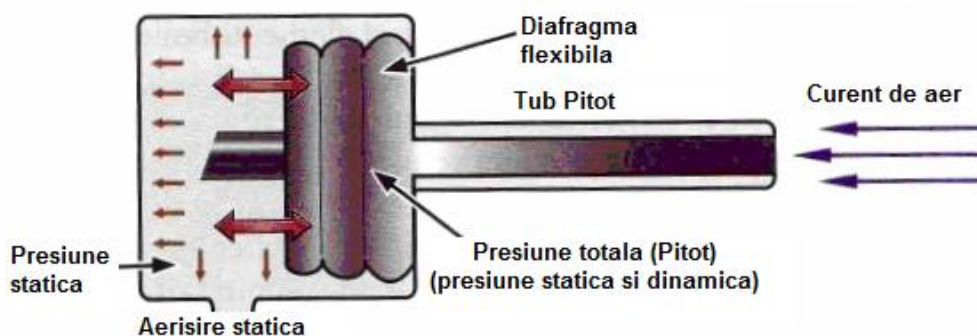


Fig. 4.5. Presiunea totală este măsurată de un tub Pitot

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

$$\begin{array}{lcl} \text{presiunea statică} & + & \text{presiunea dinamică} & = & \text{presiunea totală} \\ \text{măsurată de linia statică} & & \frac{1}{2} \rho V^2 & & \text{măsurată de tubul pitot} \\ \text{(barometru/altimetru)} & & & & \end{array}$$

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 presiunii:

- altimetrul relatează presiunea statică cu înălțimea;
- variometrul relatează rata schimbării presiunii statice cu o rată de urcare sau de coborâre;
- 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 obișnuite 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 fuselajului.

Tubul pitot trebuie montat pe avion într-o poziție 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 întrerupător în cabină. Este important ca o instalație de încălzire pitot să fie închisă atunci când avionul nu zboară sau când ar putea rezulta defecțiuni generate de supraîncălzire.

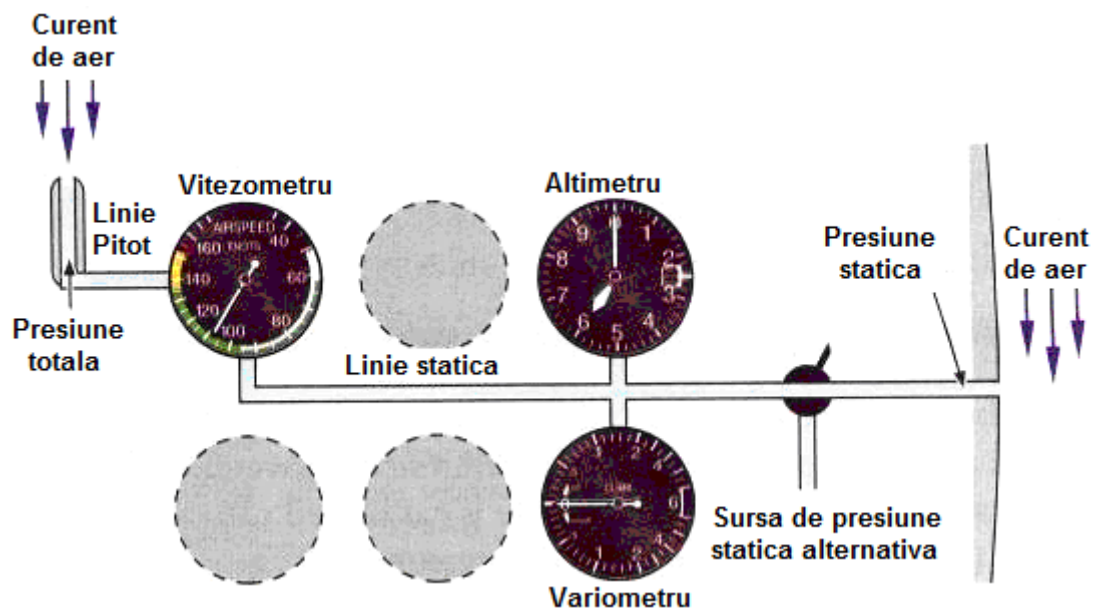


Fig. 4.6. Sistemul Pitot-static

Unele aparate de zbor au două aerisiri statice, câte 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 gheții sau unei alte probleme ce ar bloca aerisirea externă. Presiunea cabinei este deseori ușor 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 măsurătorile false făcute de instrumentele avionului ar putea perturba siguranța aparatului de zbor. Ele ar trebui verificate cu grijă în decursul inspecției 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, atâta timp cât sunt implicate instrumente foarte sensibile.

4.2. Vitezometrul



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

Se poate afla presiunea dinamică scăzând linia statică a măsurării din captativitatea tubului pitot. Acest lucru se face cu ușurință având o diafragmă cu presiunea totală a tubului pitot, fiind mutată dintr-o parte în alta a acestuia.

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

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

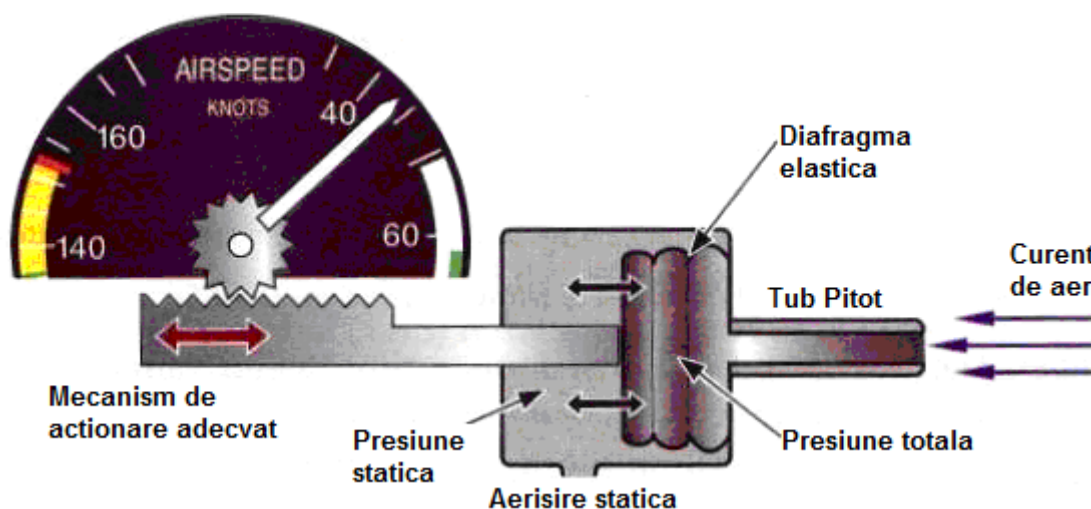


Fig. 4.7. Vitezometrul măsoară presiunea dinamică

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

Cu cât crește viteza aerului, cu atât crește și presiunea dinamică, dar presiunea statică rămâne 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). Aceasta diferență dintre presiunea totală și cea statică determină diafragma să se repositioneze 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 viteză și viteze 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 minimă 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 depășită decât în aer stabil. Operațiunile desfășurate la viteze indicate de arcul verde ar trebui să fie în siguranță în orice condiție, chiar și în cazul turbulențelor.

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

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

LINIA RADIALĂ ROȘIE: denota V_{NE} , viteza care nu trebuie depășită niciodată.

NOTA: toate însemnarile vitezometrului se referă la viteza indicată (IAS) și nu viteza adevărată (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 indicată (IAS) și viteza adevărată (TAS sau V)

Faptul că IAS și TAS sunt de obicei diferite, pare să creeze probleme pilotilor neexperimentați, deși nu ar trebui. IAS este o viteză aerodinamică aflată în legătură cu presiunea dinamică – $\frac{1}{2} \rho V^2$.

Presiunea dinamică ($\frac{1}{2} \rho V^2$) reprezintă o cantitate aerodinamică vitală deoarece cantitatea de portanță produsă este o funcție a presiunii dinamice:

$$\begin{aligned} \text{Portanță} &= \text{Coef. Portanță} \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S \\ L &= C_L \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S \quad (L = \text{Lift}) \end{aligned}$$

- valoarea rezistenței la înaintare a portanței produse este o funcție a presiunii dinamice:

$$\begin{aligned} \text{Rezistența la înaintare} &= \text{Coef. de Rezistență} \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S \\ D &= C_D \times \frac{1}{2} \rho V^2 \times S \quad (D = \text{Drag}) \end{aligned}$$

Atunci când se discută despre performanța zborului unui avion – portanță, rezistență la înaintare, viteză de croazieră, viteză de angajare, vitezele maxime, viteză de planare, viteză de decolare, etc. – se discută în raport cu viteza indicată. IAS-ul reprezintă o informație vitală pentru pilot, din moment ce calitățile aerodinamice ale avionului depind de aceasta.

TAS este viteza reală a avionului față de fileurile de aer. TAS este importantă pentru navigație. Din TAS se poate obține viteza față de sol, GS.

TAS depășește, de obicei, IAS

Vom lua în considerare situația în care avionul se află în urcare: este indicată menținerea aceluiași IAS pe timpul urcării, mai exact, o valoare constantă a vitezometrului.

4.2.3. Sursă statică alternativă

Presiunea statică este vitală pentru funcționarea vitezometrului, a altimetrului și a variometrului. Multe aparate de zbor au o sursă alternativă de presiune statică în cazul în care sursa primară nu oferă presiunea statică corectă din orice motiv.

Sursă statică alternativă (într-un aparat de zbor nepresurizat) este deseori presiunea statică din cabină (usor mai mică decât cea de afară). Atunci instrumentele vor indica usoare erori:

- altimetrul va indica o altitudine mai mare decât cea reală;
- vitezometrul va indica un IAS mai mare decât cel real deoarece diferența dintre presiunea totală și presiunea statică va fi mai mare decât cea reală;
- variometrul va indica inițial o urcare când va fi conectat în primul rând la sursa statică alternativă, dar se va reegala apoi și va indica în mod corect.

4.3. Altimetrul



Altimetrul este un instrument cu care se măsoară altitudinea (înălțimea) față de un nivel de referință (nu neapărat nivelul mării), aflat la bordul planoarelor, avioanelor (aparatelor de zbor). El indică înălțimea de zbor față de nivelul de referință și se bazează pe principiul descreșterii presiunii atmosferice, în raport cu înălțimea. De fapt el este un barometru, cu indicații în unități de înălțime.

Utilizarea în planorism și aviație a barometrului cu mercur este practic imposibilă, din cauza variațiilor relativ bruste de viteză și înălțime și de aceea este înlocuit cu o capsulă metalică vidată, confecționată din tablă foarte subțire. Peretii capsulei fiind foarte elastici, sub acțiunea presiunii atmosferice se deformează. Deformația,

proporțională 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

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

Întrucât altimetrul ar indica înălțimea față de nivelul mării, 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 față de aerodromul de plecare. Această operație poartă denumirea de "calaj altimetric".

4.4. Variometrul



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

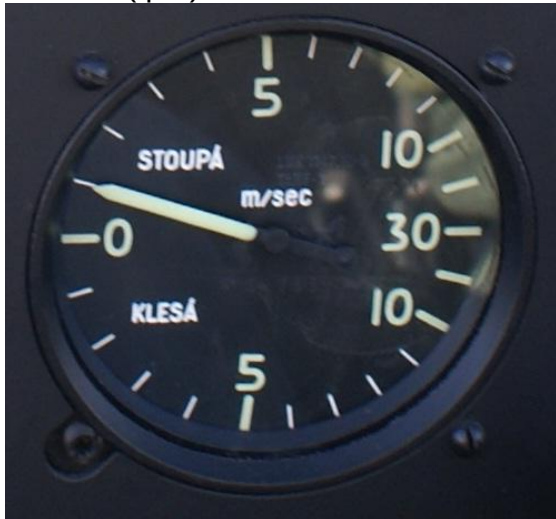


Fig. 4.12. Variometru IAR 46 S



Fig. 4.13. Variometru Ikarus C 42, Aerostar Festival

Din punct de vedere constructiv se aseamănă cu altimetrul. Partea principală a instrumentului o constituie tot o capsulă metalică, care comunică cu un termos. Pe tubul de legătură există un orificiu capilar (tub capilar), prin care ansamblul capsulă-termos comunică cu exteriorul. Asupra peretilor capsulei acționează 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 în urma căreia acul indicator al aparatului va indica urcarea. Prin tubul capilar, diferența de presiune va tinde să se egaleze, astfel, odată cu oprirea urcării, acul indicator va reveni la zero.



Fig. 4.14. Variometru mare IS 28 B2



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



În consecință, variometrul se bazează pe principiul egalării încetinite a diferențelor de presiune. Prin tubul capilar, egalarea presiunilor din interiorul și exteriorul capsulei se produce cu o viteză relativ constantă, deci cu cât planorul sau avionul va coborî sau va urca cu o viteză mai mare, diferența de presiune va fi mai mare, deci, și valoarea indicată de aparat va fi mai mare. În timpul urcării, aparatul va indica valori pozitive, iar în timpul coborării valori negative, în metri pe secundă (m/s). Variometrele moderne mai ales cele folosite în planorism sunt prevăzute și cu un sistem sonor de avertizare a urcării sau coborării.

4.5. Giroscopul

4.5.1. Instrumentele giroscopice

Un giroscop este un disc suspendat ce se învârtă, în așa fel încât axa acestuia se poate roti singură într-una sau mai multe direcții.

O masă rotativă este capabilă să mențină aceeași direcție absolută în spațiu în ciuda celor ce se întâmplă în jurul acesteia – această proprietate se numește *rigiditate în spațiu*.

Astfel, giroscopul este folosit ca indicator pentru direcție și atitudine. Datorită proprietății de “rigiditate în spațiu”, giroscopul este capabil să rămână stabil în spațiu în timp ce avionul se mișcă în jurul acestuia.

Gradul de rigiditate al unui giroscop depinde de masa rotorului, viteza la care se rotește și raza la care masa este concentrată; rotindu-se cu viteză mare asigură cea mai mare rigiditate direcțională.

Un giroscop are o a doua proprietate numită *precession* (*precesie*). Dacă o forță este aplicată giroscopului, schimbarea în direcție adusă de forță nu este în linie cu forța, ci este deplasată cu 90° mai departe în direcția rotației.

Dacă un giroscop se rotește mai încet decât ar trebui, atunci rigiditatea sa în spațiu va fi mai mică și forța de precesie mai slabă, determinându-l să indice mai puțin – de ex. rpm – scăzut $\Rightarrow$ indicare scăzută.

4.5.2. Efectul giroscopic

Efectul giroscopic este obișnuit la obiectele întâlnite zilnic (il folosim de fiecare dată când ne aplecăm la bicicletă pentru a vira), dar greu de înțeles.

Cu motorul oprit, mișcările bruste ale avionului în stânga sau în dreapta nu au efect vertical.

Cu motorul pornit masa rotativă se comportă ca un giroscop:

- o mișcare rotativă orizontală spre dreapta a botului îl determină pe acesta să coboare în plan vertical;
- o mișcare bruscă orizontală spre stânga a botului îl determină pe acesta să se ridice în plan vertical.

În aparatul de zbor, giroscopurile sunt folosite în cadrul indicatorului de viraj și glisadă, giroorizontului și girodirectionalului. Există moduri diferite de a ridica un giroscop pe una sau mai multe axe de rotație, depinzând de informația cerută de instrumentul giroscopic.

4.5.3. Giroscoape conduse prin vacuum

Multe giroscoape sunt operate printr-un sistem de vacuum ce capteaza aer la o viteza foarte mare printr-o duza si o directioneaza spre cupele giroskopului. 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 giroskopul va fi instabil sau va raspunde incet; daca este prea mare, giroskopul 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 giroskopice sa nu poata fi folosite decat dupa cateva minute la viteza de zbor de dupa decolare).

4.5.4. Giroscoape conduse electric

Atunci cand contactul general este cuplat, probabil veti auzi giroscoapele rotindu-se. Instrumentele giroskopice ar trebui sa reactioneze 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-va ca nu circula putere prin giroscoapele 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 giroscoape. Masa rotativă are o libertate de miscare la doua dintre cele trei axe ale acestuia si este facut sa arate rata de miscare a aparatului 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 aparatului de zbor dar **nu si unghiul de inclinare**. Totusi, datorita faptului ca giroskopul 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 unuia de pe indicatorul de atitudine) **nu ofera informatie asupra tangajului**.

4.6.1. Indicatorul de viraj

Daca avionul se rotește spre stanga, aceasta forta de intoarcere este data mai departe giroskopului, axa de rotire a indicatorului de viraj fiind orizontala. Forta aplicata face ca giroskopul sa isi schimbe directia cu 90^0 in directia de rotire, de ex. va determina giroskopul 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 giroskop care are axa de rotire orizontala. Axa unui coordonator de viraj, este inclinata usor fata de orizontala (aproximativ 30^0), ceea ce asigura o reactie nu numai la intoarcere dar si la rata de inclinare.

Această înclinare a giroscopului întinde un arc, care determină mișcarea de precesie a giroscopului odată cu virajul aparatului de zbor până când ratele se potrivesc și atunci înclinarea cedează. Un indicator acționat de înclinarea giroscopică indică rata de întoarcere față de scală – un indicator de întoarcere.

Scala este gradată astfel încât să arate o rată de o viraj (3^0 pe secundă, și deci 180^0 în 2 minute), o a doua rată de viraj (6^0 pe secundă) și așa mai departe. Aceasta este o modalitate de verificare a preciziei indicatorului de întoarcere – cronometrați timpul unui viraj ușor de 90^0 sau 180^0 și vedeți dacă numărul de grade pe secundă se potrivește cu indicatorul de întoarcere.

Giroscopul poate fi rotit electric de un jet mic de aer direcționat către cupele mici tăiate pe perimetrul giroscopului.

În cazul de mai sus ar trebui verificat ca sistemul de aspirare să asigure aer suficient (un vacuum de 2.5 cm col. de mercur este de obicei adecvat), altfel rotația giroscopului va fi scăzută, rigiditatea acestuia în spațiu va fi mai mică decât cea dorită, cauzând o mișcare mai lentă a acului indicator pentru ca 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 glisadă

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

Într-un viraj echilibrat, bila va rămâne în continuare în poziția centrală și nu va veți simți aruncați într-o parte.

Dacă aparatul de zbor *glisează* în timpul virajului, bila se va afla pe partea mai joasă și va veți simți ca și cum ați cădea în direcția virajului. Folosirea direcției pe partea mai joasă va poziționa bila înapoi în centru și va veți simți confortabil în scaun, “Bila spre stanga, folosiți palonier stanga”.

Dacă aparatul de zbor *derapează* în viraj, bila și dumneavoastră veți fi 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 găsit în majoritatea avioanelor.



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

Folosirea corectă a instrumentelor combinate duce la inclinarea avionului pentru a obține unghiul și rata virajului dorite, iar apoi duce la echilibrarea virajului cu ajutorul direcției astfel încât bila să fie în centru.

Dacă bila se află în stânga, folosiți palonier stânga – dacă bila se află în dreapta, folosiți palonier dreapta.

4.7. Giroorizontul

În timp ce aparatul de zbor își schimbă atitudinea, *giroscopul pamant*, care este baza indicatorului de atitudine, reține rigiditatea relativă cu verticalitatea pământului. Acest lucru înseamnă că avionul se mișcă în jurul rotorului giroscopului, a indicatorului de atitudine care are o axă de rotație verticală.

Lângă giroscop se află o imagine a orizontului, în jurul careia se mișcă avionul (și panoul de instrumente). Atitudinea avionului față de orizontul real este simbolizată de linia artificială a orizontului de lângă giroscop și un avion macheta atașat de ecranul instrumentului.

Giroorizontul arată atitudinea de tangaj și unghiul de viraj (rotație). Acesta arată imaginea atitudinii avionului, dar nu arată și performanța acestuia. Aceeași atitudine ar putea apărea în cazul unei urcări abrupte sau în cazul unei coborâri lente – pentru a cunoaște performanța avionului, trebuie să vă referiți la alte instrumente (vitezometrul, altimetrul, variometrul).

Trebuie verificată sursa de putere a giroorizontului (indiferent dacă este electric, cu vacuum – în jur de 4.5" Hg). Anumite aparate, în special cele acționate prin vacuum, au limite de mișcare pe axa de tangaj și de viraj, care, dacă sunt depășite, pot face ca giroscopul să cadă și să indice greșit (manualul de operare a aeronavei poate conține această informație). Din acest motiv există și un dispozitiv de blocare a aparatului pentru anumite operațiuni (de ex. manevre acrobatice).



Fig. 4.17. Giroorizont IAR 46 S



Fig. 4.18. Giroorizont Zlin 526 F

Anumite giroscopuri sunt închise atunci când nu sunt folosite. Dacă acestea sunt închise, atunci ar trebui scoase în momentul când avionul este plasat pe o suprafață plană și când giroscopul se află în viteză. Acest lucru ar trebui făcut la scurt timp înainte de decolare sau în timpul zborului orizontal și la o viteză mică. De asemenea, un model mic de avion sau avionul index ar trebui aliniat cu orizontul artificial de pe instrument atunci când giroscopul se află în viteză și avionul este drept și nivelat (în zbor sau la sol).



Indicatorul de atitudine este subiectul unor mici erori atunci când aparatul de zbor accelerează sau încetinește. Acest lucru afectează unitatea de gravitație folosită pentru a menține axa de rotație verticală. Accelerația, cea de la decolare, poate cauza o eroare mică de tranziție în mișcarea de tangaj și glisadă, dar acest lucru este greu vizibil la aparatele de zbor pentru instruire care au accelerație mică.

4.8. Girodirectionalul

Compasul magnetic este indicatorul primar de direcție la majoritatea aparatelor de zbor. Este un instrument dificil de pilotat cu precizie fiind supus turbulențelor, servind ca subiect accelerațiilor gravitaționale și al erorilor de viraj.

Indicatorul de direcție (DI) este un giroscop care este aliniat periodic cu compasul magnetic în timpul zborului. Acesta are ca referință direcția de la compasul magnetic dar nu este subiect al accelerațiilor gravitaționale și al erorilor din viraj (facând posibile viraje precise și păstrarea direcției) și este ușor de citit în timpul turbulențelor. Indicatorul de direcție este de asemenea cunoscut și sub numele de indicator de direcționare (HI) sau giro de direcționare (DG).

Există erori mecanice în cadrul girodirectionalului (frecare) ce îl determină să se deplaseze de la indicația precisă. Acestea se numesc abateri și trebuie corectate periodic (se recomandă verificarea și corectarea abaterii la fiecare 15 minute).

Rotorul girodirectionalului "perfect" va menține precisă linia în spațiu. Totuși, datorită mișcării avionului prin spațiu, linia în spațiu de la avion la nord se va schimba ușor. Acest lucru mărește mișcarea aparentă – un fenomen natural cauzat, nu de schimbări în giroscopul avionului și a rotației datorită imperfecțiunilor mecanice, ci de mișcarea pământului în spațiu și mișcarea aparatului de zbor în raport cu pământul.

4.8.1. Verificarea funcționării girodirectionalului

În primul rând trebuie verificată sursa de putere (sistemul electric sau sistemul de vacuum, depinde de tip), și atunci când avionul se află la sol, indicatorii de rotație corecți de pe DI („rotație spre dreapta, direcționarea crește – rotație spre stanga, direcționarea scade”).

Girodirectionalul are un buton ce permite alinierea lui cu compasul magnetic – corectând mișcarea mecanică și pe cea aparentă. Acest lucru trebuie repetat la fiecare 10 sau 15 minute – fiind acceptată o abatere de 3° în acest timp.

4.8.2. Erori ale instrumentelor giroscopice

Dacă giroscopul nu are turația suficientă, instrumentul poate indica eronat sau poate răspunde încet la schimbări de direcție.

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

De asemenea, trebuie verificat dacă girodirectionalul este aliniat cu compasul magnetic pe parcursul zborului orizontal și dacă giroorizontul a fost deblocat (în cazul în care are un sistem de blocare) în 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 principala de informare asupra directiei, iar ceilalti indicatori (de multe ori, giroscopici) ai capului sunt aliniali in functie de indicatia busolei.



Fig. 4.19. Busola Ikarus C 42



Fig. 4.20. Busola IAR 46 S

Compasul magnetic este un instrument folosit pentru a indica directia in functie de polii magnetici ai Pamantului. Din punct de vedere constructiv, la baza busolei se afla un magnet, care tot timpul va indica polii Nord si Sud Magnetici ai Pamantului. In timp ce aeronava isi schimba directia, compasul magnetic ramane aliniat la cei doi poli magnetici. Datorita acestei proprietati, este posibila indicarea directiei magnetice a aeronavei.

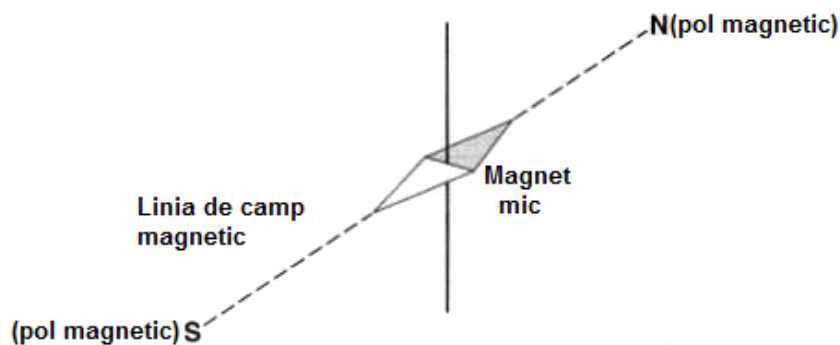


Fig. 4.21. Alinierea acului magnetic la liniile de camp magnetic

Rolul unei busole la bordul aeronavei este de a indica directia catre care se indreapta aeronava (capul). Influențele magnetice, ca cele produse de componentele din fier sau otel, echipamente electrice, determina anumite distorsiuni ce afecteaza indicatia compasului magnetic.

4.9.1. Direcția

Există două modalități clasice de descriere a direcției – folosind punctele cardinale sau folosind cele 360° ale unui cerc, în sensul acelor de ceasornic, pornind din Nord (adevărat sau magnetic, în funcție de caz).

Aproape întotdeauna, direcția este compusă din trei cifre. Singura excepție este direcția pistei, unde numerele sunt rotunjite către 10°.

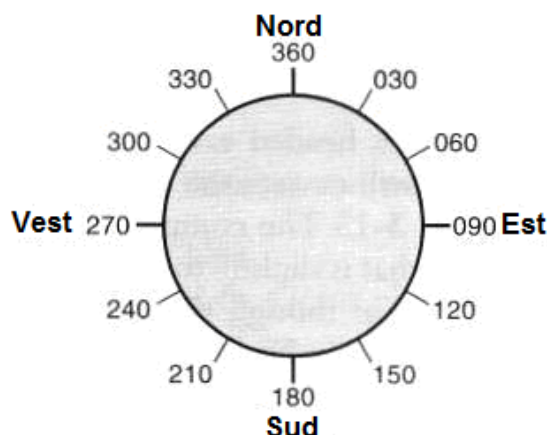


Fig. 4.22. Punctele cardinale și gradele magnetice

Pentru a obține o informație precisă de la busola magnetică asupra direcției aeronavei, trebuie avute în vedere “capriciile busolei” – inexactitățile sale atunci când aeronava își schimbă direcția sau viteza. Un ac magnetic suspendat și având mișcare liberă se va balansa în așa fel încât axa să se indice direcția aproximativă Nord-Sud.

4.9.2. Câmpul magnetic al Pământului-magnetismul terestru

Pământul se comportă precum un magnet de slabă intensitate. Suprafața sa este acoperită de un câmp magnetic slab – linii de forță magnetică care încep adânc în interiorul pământului lângă Golful Hudson în Canada și se întind către un alt punct adânc din interiorul pământului lângă South Victoria în Antarctica. Datorită proximității cu Nordul și Sudul geografic, polii magnetici sunt cunoscuți ca polul Nord magnetic și polul Sud magnetic.

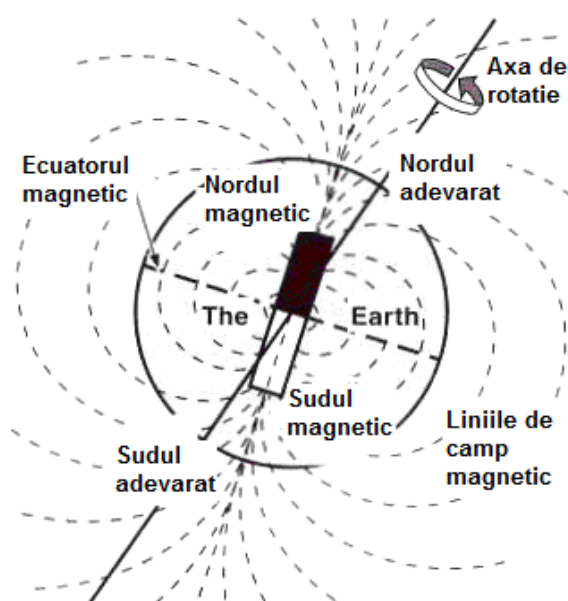


Fig. 4.23. Linii de câmp magnetic

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

Diferența unghiulară dintre nordul adevărat și nordul magnetic în orice moment pe glob se numește **declinație magnetică** în punctul acela. Declinația în orice punct de pe glob se măsoară de la Nordul adevărat la Nordul magnetic. Dacă magnetul de pe busolă indică spre Est față de Nordul adevărat, atunci deviația este pozitivă; respectiv, dacă magnetul indică spre Vest față de Nordul adevărat, deviația este negativă.

Nota: deoarece polii magnetici ai Pământului nu sunt staționari, declinația se schimbă în timp.

În afara de liniile care formează graficele formate din latitudine și longitudine, hărțile mai au și linii care unesc locuri care au aceeași declinație magnetică. Aceste linii se numesc **izogone**.

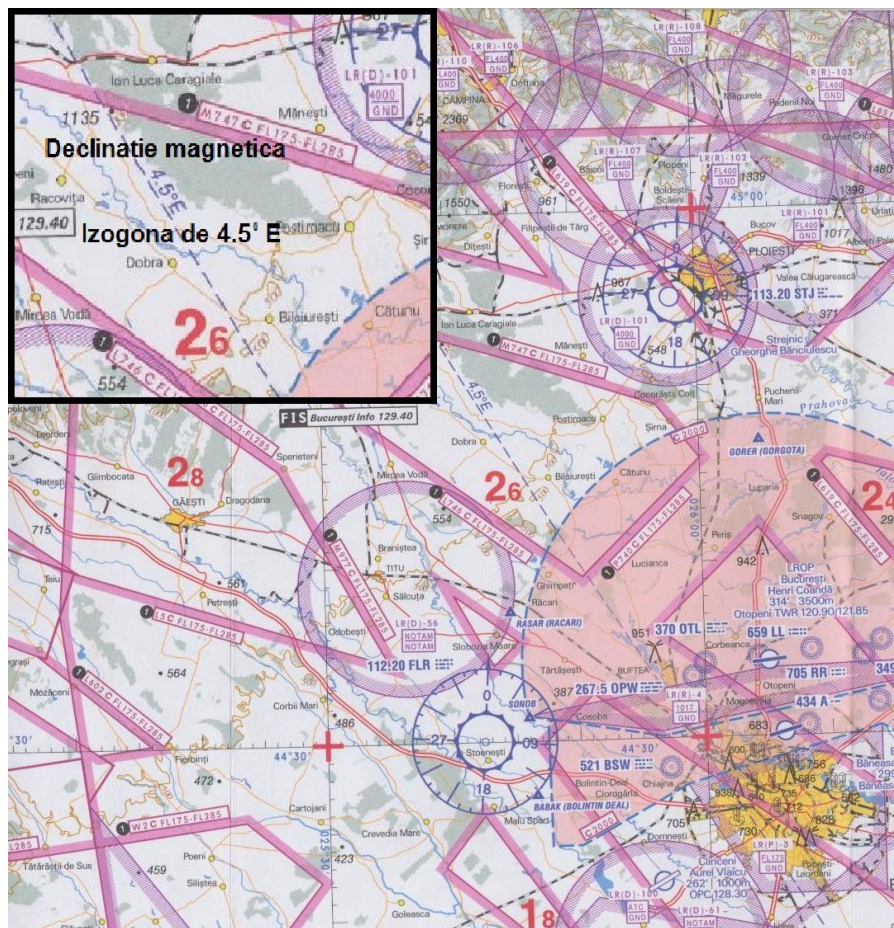


Fig. 4.24. Izogona reprezentată pe harta VFR-ICAO (LR-2), scara 1:500.000, editia 1, aprilie 2008

Exemple:

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

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 vecinatate, 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 ideala, 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

Înainte de zbor se verifică dacă busola este instalată corespunzător și poate fi citită cu ușurință. Lichidul în care magnetul este suspendat nu ar trebui să conțină bule și nu ar trebui să fie decolorat. Geamul nu trebuie să fie spart sau crăpat și ar trebui să fie securizat.

Se verifică poziția fisei de deviație a compasului.

Se verifică dacă indicația compasului este aproximativ corectă. Pistele sunt denumite în funcție de direcția lor magnetică (mai exact, pista care indică 243° magnetice se numește Pista 24), așadar pe direcția pistei, busola ar trebui să indice acest lucru, cel puțin aproximativ.

Pe calea de rulare, înainte de decolare, efectuarea unui viraj stânga și dreapta oferă indicii asupra corectitudinii indicației compasului magnetic.

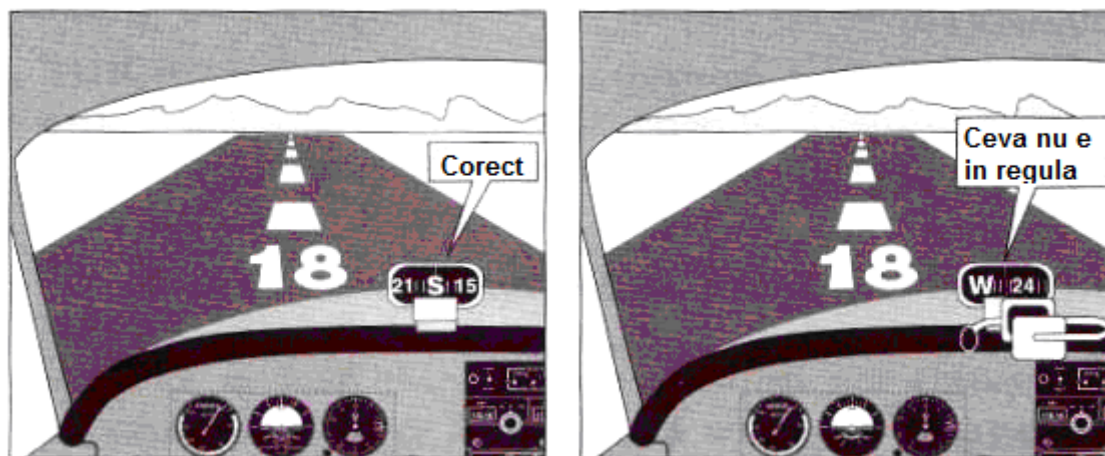


Fig. 4.26. Verificarea indicației busolei pe direcția de decolare

4.9.6. Precauții în cazul obiectelor metalice din cabina

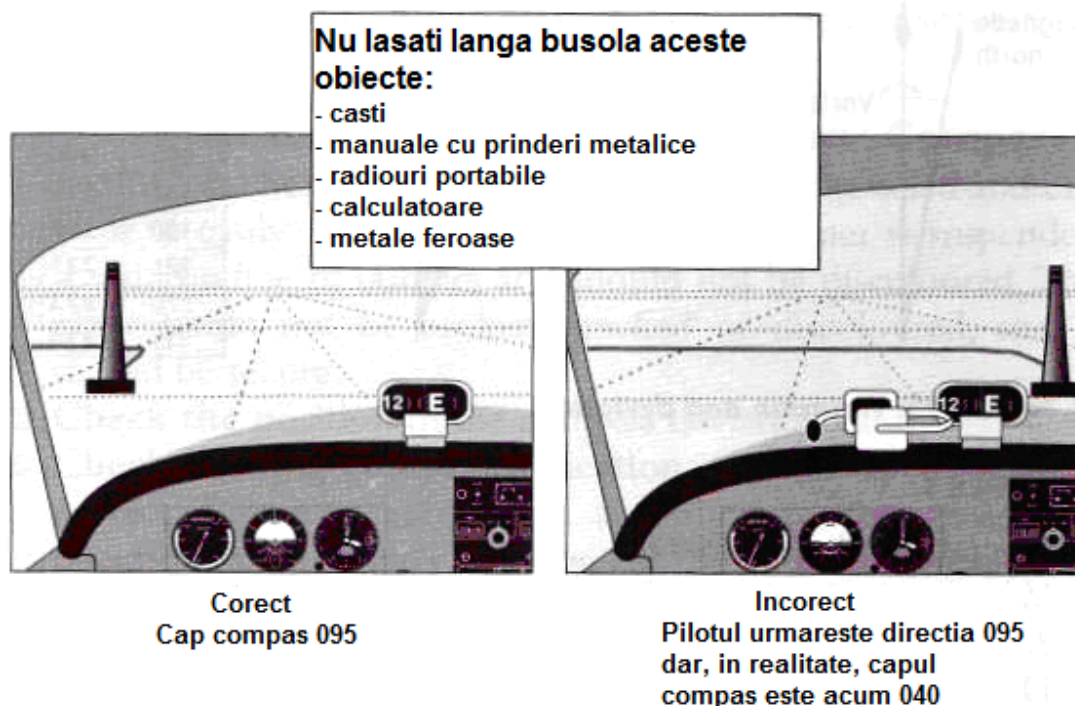


Fig. 4.27. Acțiunea obiectelor metalice asupra busolei

Dispozitivele electrice, cum ar fi stația radio, generează destul de des propriul lor câmp magnetic și pot afecta indicația busolei. De aceea, fișa deviației de compas este completată de către un inginer care a verificat busola din respectiva aeronavă atunci când aceasta își schimbă direcția. Se poate face cu sistemul electric oprit, sau cu el pornit.

Ca pilot, trebuie verificat ca nici un material metalic sau magnetic care generează un câmp magnetic (casti, stilouri din metal, etc.) să nu fie în preajma busolei. Trebuie acordată atenție acestui aspect deoarece astfel de obiecte pot direcționa greșit pilotul.

4.9.7. "Capriciile busolei"

Câmpul magnetic al Pământului este slab și variază ca intensitate și direcție deasupra suprafeței Pământului. Intensitatea câmpului magnetic are două componente: o componentă orizontală, paralelă cu suprafața Pământului, folosită pentru a alinia acul compasului cu Nordul magnetic, și o componentă verticală, care determină acul magnetic să cadă.

O busola magnetică indică direcția mai precis la latitudini mici decât în apropierea polilor.

La așa-numitul "ecuator magnetic" (la aproximativ jumătatea drumului dintre poli magnetici), liniile de forță magnetică sunt paralele cu suprafața pământului (mai exact, sunt orizontale). Aici, componenta orizontală a câmpului magnetic al Pământului este la cel mai înalt nivel și compasul magnetic este stabil și precis în aceste zone.

La latitudini mai mari, lângă poli magnetici, unde liniile de forță magnetică patrund prin suprafața Pământului, componenta verticală a câmpului magnetic (ce cauzează declinația magnetică) este mai puternică, iar componenta orizontală, paralelă cu suprafața Pământului, este mai slabă. Acest lucru face în așa fel încât compasul devine mai puțin eficient ca indicator al direcției orizontale în regiunile polare, în comparație cu eficacitatea lui la latitudini mai mici. La latitudini mai mari de 60° Nord sau Sud, compasul magnetic are un grad de credibilitate foarte scăzut.

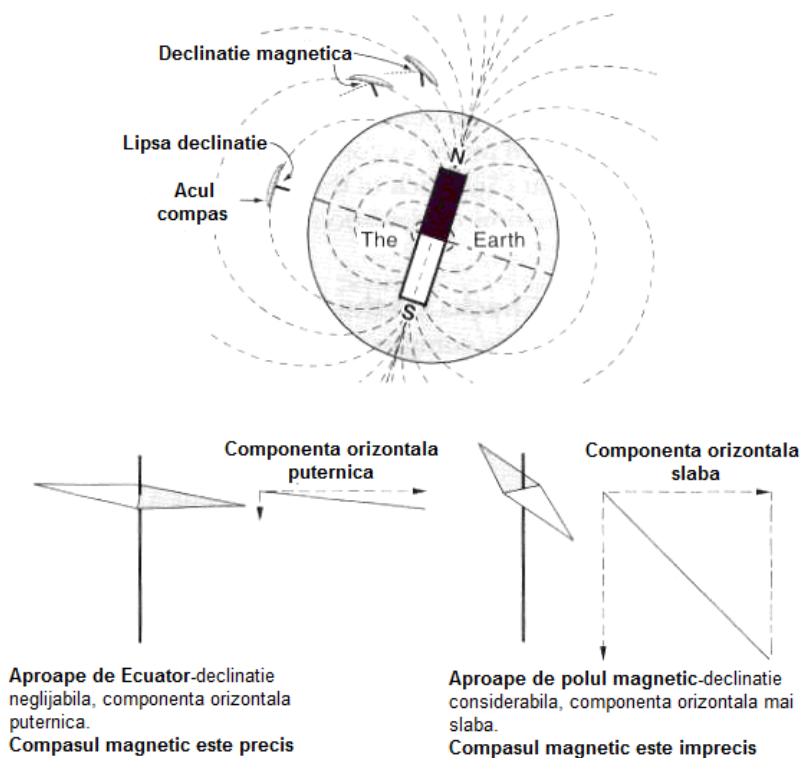


Fig. 4.28. Acțiunea câmpului magnetic asupra acului compas

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

Cu cât declinația este mai mare, cu atât mai mult coboară acul către cel mai apropiat pol magnetic, și cu atât mai mult forța de gravitație este dislocată. Acest lucru determină forța de greutate să echilibreze forța declinației și să țină acul aproximativ orizontal.

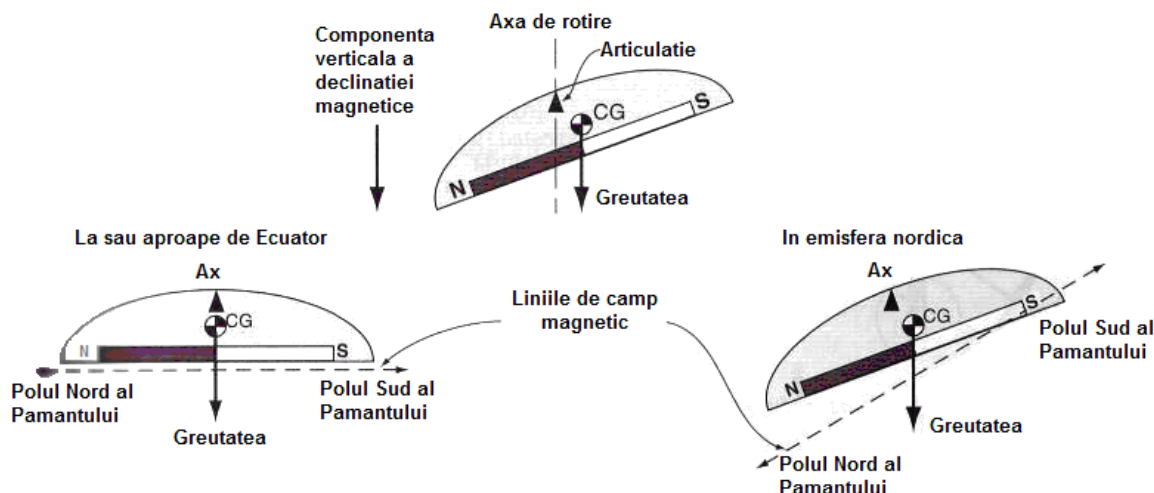


Fig. 4.29. Prinderea acului magnetic pentru diminuarea capriciilor

Indicații eronate la accelerări

Orice accelerație a aeronavei va fi transmisă acului busolei prin axul său. Centrul de greutate al acului va avea tendința să continue la viteză sa anterioară așa că va rămâne în urmă la o accelerație, și se va deplasa în față la o scădere a vitezei. Într-un viraj aeronava (și axul) accelerează către centrul virajului.

Accelerația către Est: centrul de greutate (aflat lângă ax, în partea magnetului ce indică Nordul) rămâne în urmă. Aceasta accelerație balansează fisa compasului care va indica un viraj aparent către Nord. Busola va indica un cap magnetic mai mare decât cel pe care se află aeronava în realitate.

Decelerația către Est: este încetinit atât axul cât și restul avionului iar centrul de greutate al magnetului, datorită inerției, încearcă să avanseze. Fisa compasului se va roti indicând un viraj aparent către Sud.

Accelerația către Vest: centrul de greutate (aflat lângă ax, în partea magnetului ce indică Nordul) rămâne în urmă. Aceasta accelerație balansează fisa compasului care va indica un viraj aparent către Sud. Busola va indica un cap magnetic mai mic decât cel pe care se află aeronava în realitate.

Decelerația către Vest: dacă va îndreptăți către Vest, o decelerație va determina avansarea centrului de greutate în fața axului, mai exact, va părea, conform busolei, ca aeronava a virat către un cap magnetic nordic. După ce avionul se va stabiliza, busola va reveni la o indicație corectă.

Accelerațiile Nord sau Sud: aceste accelerații sau decelerații, nu vor cauza apariția unor viraje, deoarece avionul se deplasează drept.

Aceste rezultate sunt valabile în emisfera nordică. Situația în emisfera sudică este inversată.

**Indicații eronate în viraje**

Virajul este de asemenea o accelerare datorită schimbării direcției.

Aeronava are o forță centripetă care acționează asupra acesteia, îndreptată către centrul virajului - mai exact, într-un viraj, forța centripetă acționează către centrul virajului și la 90° față de viteză. Această forță acționează de asemenea pe ax și îl accelerează către centrul virajului. Magnetul busolei (și fișa compasului), fiind suspendat ca un pendul, este lăsat în urmă datorită inerției. Aceasta duce la o eroare efemeră în indicația direcției de către busolă.

Trecerea prin Nord: Când aeronava virează printr-un cap Nordic, accelerarea se face la unghiuri drepte – est sau vest, în funcție de direcția în care va îndreptată. Dacă virati dreapta prin Nord, accelerarea este către Est, centrul de greutate rămâne în urmă în așa fel încât busola indică un viraj mai redus decât cel real.

De îndată ce avionul ia un cap constant, busola va “ajunge din urmă” virajul și se va stabili. De exemplu, virând de la 340° la 040° , virajul trebuie terminat înainte ca 040° să fie indicat la busolă (să zicem la indicația 020°), după care busola va “ajunge din urmă” și se va stabili la 040° .

Dacă se execută un viraj către stânga prin nord, accelerarea este către Vest, centrul de greutate va rămâne în urmă și din nou busola va rămâne în urmă. Spre exemplu, virând de la 030° la 330° , virajul trebuie terminat când busola indică aprox. 350° , după care ar trebui să se stabilizeze treptat la 330° .

Virajul prin Sud: Într-un viraj la stânga prin Sud, accelerarea este către Est și centrul de greutate rămâne în urmă în așa fel încât aeronava pare că a virat mai mult decât în realitate. De exemplu, virând de la 200° la 140° , virajul trebuie terminat când busola va indica aprox. 120° . De îndată ce busola s-a stabilit, ar trebui să indice aproximativ 140° .

Aceste erori de viraj și accelerare sunt rezultatul deplasării către Sud a centrului de greutate al magnetului de la busolă, inclusiv mișcarea axului (în emisfera Nordica) – valoarea deplasării fiind mai mare cu cât înclinatia magnetică este mai mare, mai exact, cu cât va aflați mai aproape de polul magnetic, cu atât mai pronunțate sunt aceste erori.

Alinierea girodirectionalului (DI-direction indicator) cu busola magnetică

Girodirectionalul este un instrument giroscopic. Nu se aliniază girodirectionalul cu busola magnetică dacă viteza sau direcția variază, pentru că busola magnetică este susceptibilă la erori de viraje și accelerare, mai exact aeronava trebuie menținută la orizontală și cu o viteză constantă atunci când se aliniază girodirectionalul cu busola.

Unul din avantajele unui girodirectional este faptul că nu este sensibil la erorile de viraj sau accelerare. Acuratetea sa depinde de alinierea corectă cu Nordul magnetic, așadar acest lucru trebuie efectuat atunci când busola magnetică indică informația corectă.



5. Navigabilitatea aeronavei

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

- **Certificatul de Inmatriculare;**
- **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 inmatriculare

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

Insemnele de inmatriculare 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 inmatriculare 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 inmatriculare a aeronavelor civile cu mai putin de 5 ani inaintea primirii cererii de inmatriculare; 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 înmatriculare este documentul care se emite pentru fiecare aeronava civilă în parte, prin care se certifică înscrierea acesteia în Registrul unic de înmatriculare a aeronavelor civile. Certificatul de înmatriculare este un document obligatoriu la bordul aeronavei pe tot timpul activității de zbor.

Certificatul de înmatriculare conține următoarele rubrici:

- numărul certificatului;
- însemnele de naționalitate și marca de ordine;
- constructorul aeronavei și tipul;
- numărul de fabricație al aeronavei dat de constructor;
- numele proprietarului și, după caz, al detinatorului;
- adresa detinatorului și, în cazul în care detinatorul nu este și proprietar, a proprietarului;
- declarația privind baza legală pentru înscrierea în Registrul unic de înmatriculare a aeronavelor civile;
- data emiterii;
- semnatura emitentului.

Aeronavele civile române care sunt înmatriculate în Registrul unic de înmatriculare a aeronavelor civile trebuie, în afara însemnelor de înmatriculare, să fie prevăzute cu o placută de identificare. Placuta de identificare trebuie confecționată dintr-un material rezistent la foc și trebuie să conțină informațiile următoare:

- însemnul de naționalitate și marca de ordine;
- tipul aeronavei;
- seria și data fabricației;
- proprietarul și detinatorul, dacă acesta din urmă nu este și proprietar.

Marcarea informațiilor pe placută trebuie făcută printr-o metodă (stantare, gravare, atac chimic etc.) care să asigure rezistența la foc. Placuta de identificare trebuie fixată pe aeronava într-un loc vizibil, în apropierea intrării principale, iar fixarea trebuie să fie suficient de sigură pentru a preveni scoaterea, pierderea sau ștergerea acesteia în timpul operației normale sau în urma unui accident soldat cu incendiu la bord.

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

Acest certificat este eliberat de Autoritatea Aeronautică Civilă Română, individual pentru fiecare aeronavă, pe o anumită perioadă, orice aeronavă neputând zbura până când nu are un Certificat de navigabilitate valid.

O parte din Certificatul de navigabilitate pentru fiecare avion în parte este manualul de zbor; aceste două documente sunt legate printr-un număr de identificare.

Certificatul de navigabilitate este eliberat de Autoritatea Aeronautică Civilă Română pentru fiecare aeronavă în parte pentru a opera într-o anumită categorie, cu condiția ca aceasta să respecte cerințele necesare de navigabilitate. Categoriile și scopul lor includ:

- **Transport (Pasageri)** – orice scop;
- **Transport (Cargo)** – orice scop în afara de transportul public al pasagerilor;
- **Lucru Aerian** – orice scop în afara de transportul public;
- **Privat** – orice scop în 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 normala** – sub 5.700 kg si non-acrobatice: manevre limitate si viraje cu inclinare de cel mult 60°. Factorii limita tipici de incarcare: +2,5g si -1,0g.
- **Categoria utilitare** – precum o categorie normala, plus limitare acrobatica. Factorii limita tipici de incarcare: +4,5g si -1,8g.
- **Categoria acrobatie** – acrobatic in totalitate. Factorii limita tipici de incarcare: +2,5g si -1,0g.

Nu trebuie efectuate alte manevre cu avionul decat cele specificate in manualul sau de zbor. Fiecare aeronava este construita pentru un anumit scop, si anume efectuarea unei anumite operatiuni.

In afara de existenta fizica a hartiei, Certificatul de navigabilitate, are alte documente asociate cu acesta – **Manualul de zbor** si **Revizia Certificatului de Mentenanta**. O parte importanta a celui din urma este Certificatul de Punere in Serviciu.

Pentru ca certificatul Certificatul de navigabilitate sa ramana valid, avionul trebuie mentinut si operat corespunzator.

5.4. Manualul de zbor

Manualul de zbor trebuie aprobat de catre autoritatea aeronautica si reprezinta o parte a Certificatului de navigabilitate al unui anumit avion. Certificatul de navigabilitate si manualul de zbor pentru un anumit avion au acelasi numar de identificare.

Pilotul trebuie sa respecte toate cerintele, procedurile si limitarile legate de operarea avionului prezente in manualul de zbor. Acesta trebuie sa se afle in avion, cu exceptia situatiei in care decolarea si aterizarea se efectueaza la acelasi aerodrom.

5.5. Programul de mentenanta

Fiecare avion trebuie sa aiba un program de mentenanta aprobat de autoritatea aeronautica. Cel obisnuit este **Programul de Mentenanta al Aeronavelor Usoare (Light Aircraft Maintenance Schedule - LAMS)**. Acesta implica un sistem de controale, verificari si inspectii regulate efectuate de catre persoane abilitate in acest sens. Trebuie pastrate evidente ale celulei, motorului si elicei.

Un program tipic de mentenanta va include:

- **inspectia anuale programate** presupune o verificare amanuntita a motorului, celulei si a componentelor sale, a sistemelor aeronavei;
- **inspectia la 150 ore** reprezinta un control mai detaliat decat cel de 50 de ore;
- **inspectia la 50 de ore** sau o inspectie la 6 luni daca nu s-au implinit 50 de ore de functionare in perioada precedenta de 6 luni;
- **inspectia zilnica**, cunoscuta si ca Check A, efectuata de pilot inaintea primului zbor al zilei.

Revizia Certificatului de Mentenanta se elibereaza dupa o perioada de 12 luni. Certifica faptul ca aeronava a fost intretinuta in conformitate cu Programul de Mentenanta, ca orice directive de navigabilitate emise in perioada anterioara de 12 luni au fost aplicate si ca orice buletin service emis de producator in aceeași perioada de 12 luni a fost aplicat.



5.6. Jurnalul Tehnic de Bord

JTB este ținut pentru fiecare aeronava în parte, pentru a ține evidența decolarilor, aterizărilor și a timpului de zbor. Orice defecte aparute în timpul zborului trebuie menționate în acest jurnal. Personalul tehnic va folosi și el Jurnalul tehnic de bord pentru a înregistra orice lucrare făcută pentru a îndepărta anumite defecte.

5.7. Certificatul de Punere în Serviciu

Acest certificat este eliberat de un inginer autorizat în urma unei inspecții sau unei lucrări de întreținere. Acesta certifică faptul că lucrarea a fost făcută în concordanță atât cu procedurile autorității aeronautice cât și cu procedurile producătorului.

5.8. Alte documente:

- asigurare;
- Certificatul de Zgomot;
- Certificatul de Aprobare a Echipamentului Radio;
- Licența Radio a aeronavei;
- Tabel al Greutății și Centrajului