

Dumitru POPOVICI

Mariana POPOVICI



CUNOAȘTEREA PLANORULUI

BUCUREȘTI - 2009

Dumitru POPOVICI

Mariana POPOVICI

CUNOAȘTEREA PLANORULUI

EDIȚIA 2009

CUVÂNTUL AUTORULUI

Acest manual este destinat celor ce doresc să devină piloți planoriști, dar și tuturor celor interesați să dobândească noțiuni elementare despre planoare.

Prezenta lucrare este o parte din Manualul pilotului planorist și prezintă de la simplu la complex cunoștințele teoretice necesare celor interesați să obțină brevetul de pilot planorist. În acest sens, partea prezentă respectă cu strictețe tematica impusă de RACR LAPN2, ediția 2003.

Pe această cale autorul mulțumește tuturor colegilor care l-au sprijinit efectiv în redactarea prezentei lucrări.

La întocmirea prezentului curs s-au avut în vedere cerințele și prevederile OACI, RACR - LPAN2.

Solicit piloților care vor studia acest manual să-mi prezinte observațiile lor în vederea îmbunătățirii ediției următoare, care sper să fie completă.

În speranța că prezentul curs este util, adresez întregului personal aeronavigant un călduros SUCCES.

Avocat, Pilot instructor

Dumitru POPOVICI

CUPRINS

	PARTEA I-A CUNOAȘTEREA PLANORULUI	
1.	Generalități	4
2.	Părțile componente ale unui planor	4
3.	Elementele caracteristice ale unui planor	5
4.	Aripa	6
4.1.	Caracteristicile geometrice ale aripii	7
5.	Fuselajul	8
6.	Ampenajele	8
7.	Materiale folosite în construcția planoarelor	9
8.	Sisteme de lansare la zbor	11
9.	Automosorul de tip AL 34	12
10.	Planorul IS 28 B 2	14
11.	Descrierea cabinei planorului IS 28 B 2	14
12.	Planorul IS 29 D 2	15
13.	Caracteristicile geometrice ale planoarelor IS 28 B 2 și IS 29 D 2	16
14.	Caracteristicile în zbor ale planoarelor IS 28 B 2 și IS 29 D 2	17
15.	Marcarea vitezometrului la planoarele IS 28 B 2 și IS 29 D 2	18
16.	Planorul IS 32 A	18
17.	Caracteristici geometrice ale planorului IS 32 A	19
18.	Caracteristici în zbor ale planorului IS 32 A	20
19.	Norme de întreținere a planoarelor	21
	PARTEA a II-a INSTRUMENTE DE BORD	22
	Capsule, tuburi, membrane	23
	Altimetrul	25
	Calajul altimetric	26
	Vitezometrul	26
	Variometrul	27
	Variometrul cu capsulă	28
	Variometrul cu paletă	29
	Variometrul cu bile	29
	Variometrul electric	30
	Variometrul cu lichid	30
	Variometrul de energie totală (vet)	31
	Vet cu priză de depresiune (tub braunschweich)	33
	Indicatorul de viraj și glisadă	35
	Indicatorul de viraj	35
	Indicatorul de glisadă	36
	Compasul de aviație	36
	Barograful	38
	Schema de legătură a instrumentelor de bord	40

PARTEA I CUNOAȘTEREA PLANORULUI

1. Generalități

Înainte de a studia fenomenele care iau naștere în timpul zborului, trebuie studiate părțile componente ale unui planor, precum și modul cum se manevrează acesta.

Planorul este aparatul de zbor mai greu decât aerul, neechipat cu un grup motopropulsor și care prin lansare la o anumită înălțime va zbura cu o continuă pantă de coborâre.

Tracțiunea necesară este asigurată de o componentă a greutatei proprii.

2. Părțile componente ale unui planor

Părțile componente ale unui planor sunt următoarele:

- aripa planorului;
- fuselajul planorului;
- ampenajele planorului;

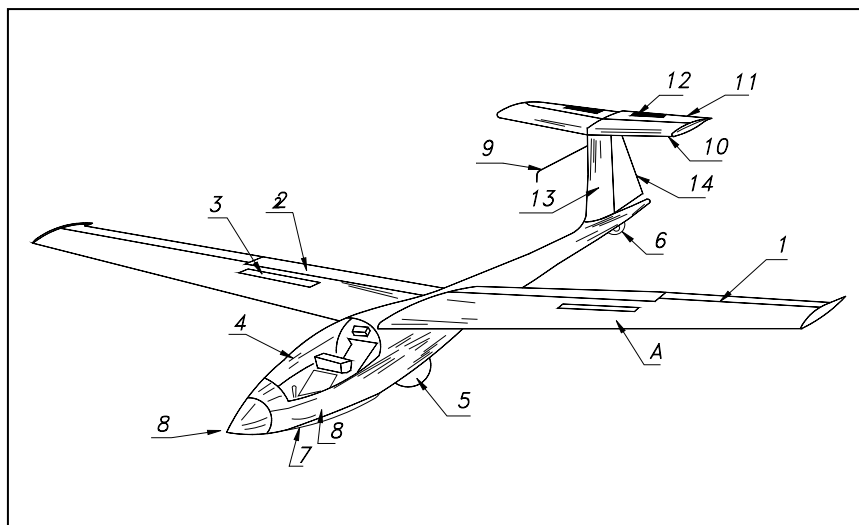


Fig. 2.1. Părțile componente ale unui planor

a. *Aripa* planorului este partea principală a acestuia și are rolul de a crea forța portantă necesară executării zborului.

Pe aripă sunt montate:

- *eleroanele* (1) care sunt suprafețe de comandă și au rolul de a menține planorul la orizontală sau ajută la executarea virajelor. Sunt acționate de manșă la comanda laterală;
- *flapsul* (2) se constituie într-un dispozitiv de hipersustentație și are rolul de a mări forța portantă în situații speciale de zbor (la decolare și aterizare);
- *frâna aerodinamică* (3) este o suprafață care se scoate din planul aripii și are rolul de distrugător de portanță, lucru necesar a fi executat în vederea aterizării pe terenuri scurte.

b. *Fuselajul* planorului este partea principală a planorului cu rolul de a fixa rigid aripile și ampenajele.

În fuselaj se găsește amplasată *carlinga* (4) care constituie postul de pilotaj. Tot în fuselaj se găsește amplasat și *trenul de aterizare*, format din următoarele părți:

- roata (5);
- bechia (6);
- patina (la unele planoare) (7).

Trenul de aterizare este dispozitivul care servește la deplasarea planorului pe sol.

Trenul de aterizare poate fi format din:

- roată și bechie;
- patină și bechie;
- patina, roată și bechie.

Roata este elementul principal al trenului de aterizare, montată în zona centrului de greutate și care are rolul de a susține întreaga greutate a planorului.

Bechia poate fi fixă sau poate fi o roată mai mică decât roata principală și este montată la partea din spate a planorului constituind al doilea punct de sprijin al acestuia pe sol.

Patina este un dispozitiv de ranforsare (întărire) a fuselajului în zona posturilor de pilotaj și are rolul de a proteja planorul (pilotul) în cazul unor eventuale contacte mai dure cu solul.

Tot pe fuselaj se găsește amplasat și tubul *Pittot* sau prizele de presiune (statică și totală). La unele planoare se mai găsește și tubul *Braunschweich*.

c. *Ampenajele* sunt formate din:

- *ampenajul orizontal*, alcătuit din *stabilizator* (partea fixă) și *profundor* (partea mobilă), care servesc la menținerea pantei de zbor a planorului.

Profundorul este acționat tot de mână, prin mișcarea acesteia înainte sau înapoi.

Pe profundor se găsește, la unele tipuri de planoare, suprafața de compensare a eforturilor, numită compensator sau trimer.

- *ampenajul vertical* este alcătuit dintr-o parte fixă numită *derivă* și o parte mobilă numită *direcție*. Direcția este o suprafață de comandă care este acționată de *paloniere*. Astfel dacă se dă palonier stânga și direcția se va roti spre stânga, fapt care va duce la rotirea botului planorului spre stânga.

3. Elementele caracteristice ale unui planor

Elementele caracteristice ale unui planor sunt :

- *anvergura* reprezentând lungimea aripii (distanța dintre cele 2 extremități ale aripilor);
- *suprafața portantă* reprezentând suprafața obținută prin proiecția aripii pe o suprafață plană;
- *înălțimea planorului* (care se măsoară pe sol) și reprezintă distanța dintre sol și cel mai înalt punct al planorului;
- *înălțimea fuselajului* (care se măsoară pe sol) și reprezintă distanța dintre sol și cel mai înalt punct al fuselajului;
- *grosimea* (lățimea fuselajului) reprezintă cea mai mare distanță (masurată pe orizontală) a fuselajului;
- *greutatea planorului* care conține și greutatea pilotului și a echipamentului necesar zborului (parașuta, bagaje, etc.).

4. Aripa

Aripa este elementul care produce forța necesară susținerii planorului în zbor și preia toate eforturile care apar asupra planorului în timpul evoluțiilor. Din acest motiv, constructorii acordă o deosebită atenție construcției aripilor, în vederea obținerii planoarelor de performanță.

Din punct de vedere al modului de montare al aripilor pe fuselaj vom avea planoare cu aripa: *sus, mediană sau jos* (vezi fig. 4.2.).

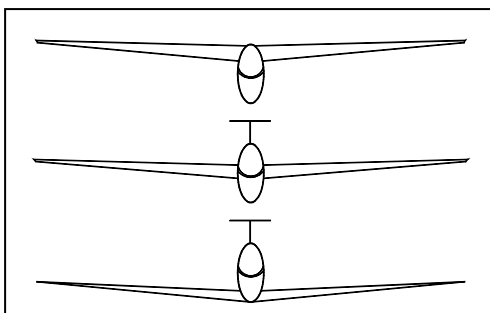


Fig. 4.2. Montarea aripii

După forma în plan, aripile pot fi:

- a. dreptunghiulare;
- b. dreptunghiulare cu colțuri rotunjite;
- c. trapezoidale;
- d. trapezoidale cu colțuri rotunjite;
- e. eliptice;
- f. în sageată;
- g. dublu trapezoidale (vezi Fig. 4.3.)

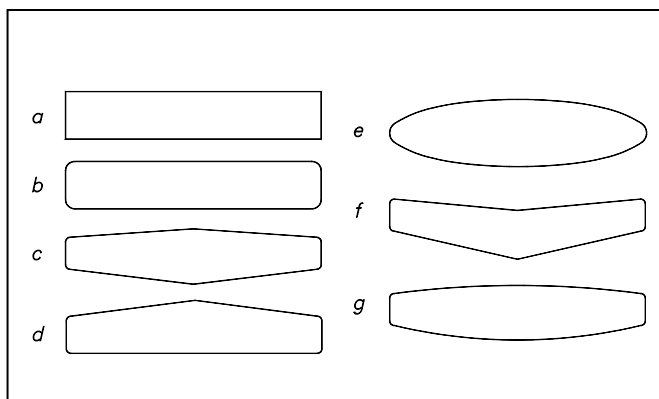


Fig. 4.3. Forma în plan a aripii

4.1. Caracteristicile geometrice ale aripii

- *anvergura aripii* (A) reprezintă lungimea ei de la un capăt la altul;
- *profunzimea aripii* (L) reprezintă lățimea aripii (vom avea profunzimea aripii la capăt (C_c), profunzimea aripii în axul fuselajului (C_i) și profunzimea medie care reprezintă media aritmetică a celorlalte două);
- *suprafața portantă a aripii* reprezintă suprafața proiecției plane, orizontale a acesteia;
- *alungirea aripii* reprezintă raportul dintre anvergura aripii și profunzimea medie (*Coarda Medie Aerodinamică-CMA*) (vezi fig. 4.4.).

Urmărind o secțiune prin aripă vom putea defini următoarele elemente:

- *bordul de atac* este partea din față a aripii care în timpul zborului lovește fileurile de aer;
- *bordul de fugă sau scurgere* este partea din spate a aripii;
- *extradosul* este partea de deasupra aripii;
- *intradosul* este partea de dedesubt a aripii (vezi fig. 4.5.).

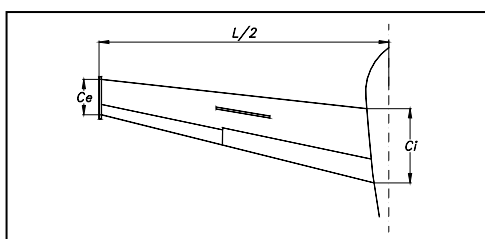


Fig. 4.4. Caracteristicile geometrice ale aripii

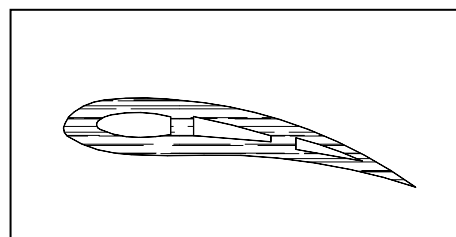


Fig. 4.5. Caracteristicile constructive ale aripii

Indiferent de materialele din care este construită o aripă, ea se va compune din următoarele părți principale:

- *lonjeroane* (unul principal și eventual unul fals sau 2 principale, care constituie grinda de rezistență a aripii și a întregului planor);
- *nervuri*, piese care se fixează pe lojeron și dau forma aripii în spațiu;
- *învelișul* aripii care poate fi din placaj în zona bordului de atac și împânzit în restul suprafeței. La planoarele din lemn învelișul mai poate fi executat din tablă de aluminiu, rășini sintetice cu fibră de sticlă sau fibră de carbon.

Pe aripă se găsesc montate eleroanele, voleții și frânele aerodinamice

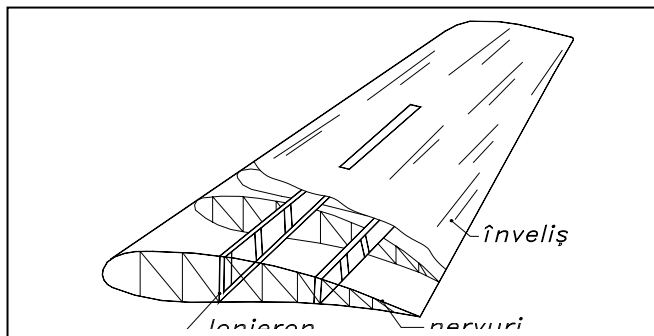


Fig. 4.6. construcția aripii

5. Fuselajul

Este partea centrală a planorului cu rol de a face legătura între aripi și ampenaje (vezi fig. 5.7.). În fuselaj se găsește carlinga cu postul (posturile) de pilotaj, trenul de aterizare, etc.

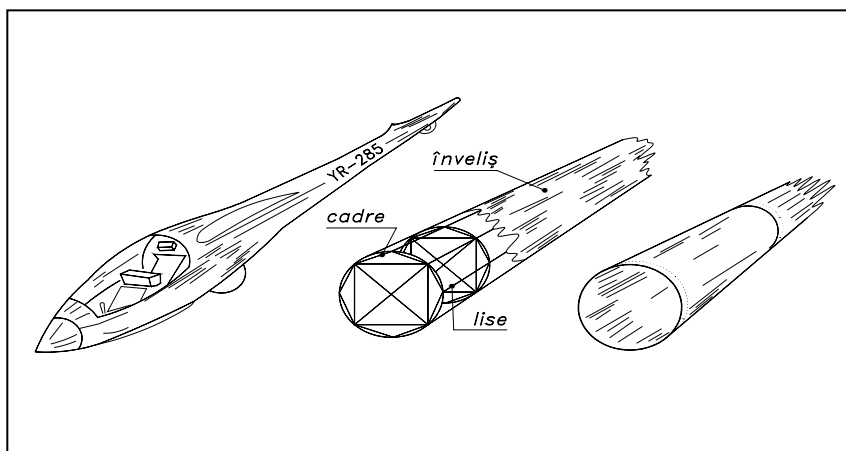


Fig. 5.7. Fuselajul

În funcție de tipul planorului vom avea posturi de pilotaj de simplă comandă (pentru un singur pilot) sau de dublă comandă (pentru 2 piloți).

În cazul planoarelor de dublă comandă aceste 2 posturi pot fi așezate în *tandem* (unul în spatele celuilalt) sau *cot-a-cot* (în situația când posturile de pilotaj sunt așezate unul lângă altul).

La planoarele moderne trenul de aterizare este format dintr-o roată plasată sub postul de pilotaj, prevăzută cu frână pe tambur și poate fi fix, escamotabil sau semiescamotabil și o roată mai mică și fixă în partea din spate a fuselajului.

Tot pe fuselaj sunt montate și dispozitivele de tractare de la avion sau automosor, dispozitive numite *declanșatoare*.

În interiorul carlingii, în afara postului de pilotaj se mai găsește și *planșa* cu instrumentele de bord, pârghiile de comandă (*manșa și palonierele*), cu ajutorul cărora se dau comenzile necesare acționării suprafețelor de comandă (eleron, flaps, direcție, frâna aerodinamică, suprafețe compensatoare).

6. Ampenajele

Ampenajele sunt părțile planorului care au rolul de a menține planorul în zbor stabil ca pantă și ca direcție.

Ampenajele (vezi fig. 6.8.) sunt formate din:

a. ampenajul orizontal

b. ampenajul vertical.

a. *Ampenajul orizontal* este construit și are caracteristici asemănătoare cu cele ale aripii.

Acesta se caracterizează prin faptul că are o parte fixă numită *stabilizator* și o altă mobilă, numită *profundor*.

Cu ajutorul profundorului se pot menține parametrii de zbor (panta și viteza).

La unele planoare stabilizatorul și profundorul fac corp comun fiind de fapt o singură parte care este denumită *profundor pendular*. Pe profundor se mai găsește montată și o suprafață numită *compensator*, fiind necesară pentru compensarea efortului pe manșă în profunzime.

Profundorul este acționat de comanda manșei spre înainte sau spre înapoi (spre pilot).

b. *Ampenajul vertical* este format din 2 părți: una fixă numită *derivă* și una mobilă numită *direcție*, care este acționată la comanda palonierelor.

În funcție de cum sunt montate ampenajele orizontale față de cele verticale vom întâlni următoarele situații (vezi fig. 6.9.):

- ampenaje clasice;
- ampenaje în "T";
- ampenaje în "V".

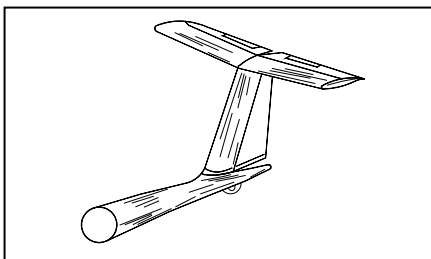


Fig. 6.8. Amenajele planorului

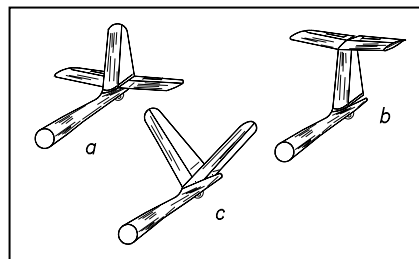


Fig. 6.9. Tipuri de ampenaje

7. Materiale folosite în construcția planoarelor

Înainte de a prezenta materialele folosite în construcția planoarelor trebuie să vedem la ce eforturi sunt supuse piesele care intră în componența unui planor.

Solicitările la care sunt supuse piesele sunt:

- *tracțiunea sau întinderea* (declanșatoarele, cablurile comenzilor, învelișul aripilor, etc);
- *compresiunea* (trenul de aterizare);
- *încovoierea* (lonjeroanele aripilor);
- *forfecarea* apare în zbor în timpul trecerii printr-o suprafață de separație dintre un curent ascendent și a unui descendent. Acest fenomen se petrece în mod special la zborul în norii de formație verticală;
- *torsiunea*; aripile în timpul zborului sunt supuse la eforturi de tensiune în jurul lonjeronului.

Pentru a putea îndeplini toate condițiile cerute, în construcțiile aeronautice se folosesc mai multe categorii de materiale. Acestea pot fi împărțite în:

- materiale principale ce intră în construcția pieselor de rezistență și a pieselor ce dau forma aerodinamică a aeronavei.
- materiale secundare ce intră în construcția pieselor auxiliare ale unei aeronave.

Dintre materialele folosite în construcția aeronautică putem enumera:

a. *lemnul* folosit în construcțiile aeronautice datorită faptului că are greutate relativ mică, este ieftin, se prelucurează ușor, etc. Lemnul întrebuintat, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- rezistența la tracțiune să fie de cel puțin 800 Kg/cm^2 ;
- umiditatea să nu depășească 15% din greutatea sa;
- rezistența la compresiune să fie de cel puțin 400 Kg/cm^2 ;
- rezistența la încovoiere să fie de cel puțin 600 Kg/cm^2 .

În construcțiile aeronautice lemnul se folosește astfel:

pentru lonjeroane: frasin, molid, brad, pin;

pentru piese curbe: frasin, salcâm, ulm, stejar;

pentru elice: acaju, nuc, cireș, mestecăn, fag.

b. *placajul* folosit în aviație este făcut din foi neperechi (3, 5, 7, 9, etc.) cu următoarele dimensiuni (grosimi): 0,8; 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2; 2,3; 2,5; 3; 3,5; 4; 5 mm.

Placajul folosit trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- rezistența la tracțiune în lungimea fibrei = 700 kgf/cm²
- rezistența la tracțiune perpendicular pe fibră = 450 kgf/cm²
- rezistența la forfecare în lungimea fibrei = 100 kgf/cm²
- rezistența la forfecare perpendicular pe fibră = 750 kgf/cm²
- rezistența la forfecare la 45° = 150 kgf/cm²

Placajul se folosește pentru îmbrăcarea aripilor, fuselajului, ampenajelor, în vederea obținerii formelor arodinamice.

c. *cleiurile* sunt întrebuințate pentru asamblarea diferitelor piese din lemn, palcaj, pânză. Ele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să fie ușor de manipulat;
- să fie ușor de preparat;
- să nu-și schimbe caracteristicile în timp;
- să fie aderente;
- să fie rezistente la smulgere.

Cleiurile utilizate sunt: clei de gelatină, caseina, cleiurile pe bază de rășini sintetice (care sunt mai bune decât celelate cleiuri).

d. *oțelurile* folosite în construcțiile aeronautice sunt oțeluri speciale care prezintă caracteristici superioare. Oțelurile folosite pentru construcția pieselor de tracțiune, de prindere, bolțuri, tendoare, cabluri de comandă, scribeți, pârgii, etc. trebuie să prezinte o rezistență la tracțiune de 80-100 Kg/mm².

e. *duraluminiul* se folosește foarte mult datorită faptului că este ușor (are aceeași greutate cu a aluminului) și are o rezistență mecanică ridicată. Acesta se folosește la construcțiile de lonjeroane, nervuri și a întregului înveliș la planoarele metalice.

f. *pânza* folosită în aviație este din bumbac mercerizat și neapretat cu o desime de 28-35 de fire pe cm² atât în bătaie cât și în urzeală și o greutate de cel mult 200 g/m².

Rezistența la tracțiune a pânzei înmuiată în apă trebuie să fie de cel puțin 3000 Kg/m².

g. *materialele plastice* se folosesc pentru confeționarea carcaselor aparatelor de bord, tablouri de bord iar în ultimul timp pentru corectarea și chiar confeționarea profilelor aerodinamice.

h. *plexiglasul* se folosește pentru confeționarea cupolei carlingilor datorită faptului că este transparent și prin încălzire se modelează ușor.

i. *cauciucul* se folosește la trenul de aterizare pentru amortizarea contactului cu solul. Acesta se utilizează sub formă de camere și anvelope, cilindri găuriți, discuri amortizoare, etc.

Cauciucul se mai folosește la garnituri de etanșare, ca amortizoare la fixarea tablourilor de bord, deoarece vibrațiile și șocurile dereglează aparatele cu care sunt echipate aeronavele.

j. *fibra de sticlă* și *fibra de carbon* se folosesc în ultimul timp în construcțiile aeronautice de performanță datorită faptului că permit obținerea suprafețelor aerodinamice foarte bine finisate, și au caracteristici mecanice superioare.

k. protecția aeronavelor împotriva coroziunii și a umidității se realizează cu ajutorul *lacurilor și a vopselelor*, iar suprafețele metalice se protejează prin acoperire electrochimică, *cromare, zincare, cadmiere eloxare*, etc.

Datorită dezvoltării tehnologiei, planoarele moderne au caracteristica de finețe maximă de peste 60, fapt care le permite realizarea unor performanțe ridicate (zboruri de distanță de peste 1.700 Km cu viteze medii de peste 150-200 km/h).

8. Sisteme de lansare la zbor

Deoarece planorul este un aparat de zbor care nu este dotat cu un grup motopropulsor, trebuie să fie ridicat până la o anumită înălțime care să îi permită în continuare un zbor independent.

Mijloacele cu ajutorul cărora se realizează acest lucru se numesc *sisteme de lansare* și pot fi:

- sandoul;
- automosorul;
- avionul.

Lansarea cu sandoul se realizează prin propulsarea în aer a planorului cu ajutorul unei praștii de dimensiuni mari numită *sandou*.

Planorul este urcat pe deal și acolo 2 echipe întind sandoul la vale în timp ce aeronava este ancorată. Prin eliberarea planorului, forța elastică din sandou îi imprimă acestuia viteza necesară zborului înălțimea fiind asigurată de diferența de cotă a pantei pe care a fost urcat. Această metodă de lansare nu se mai folosește deoarece greutatea planoarelor și viteza de desprindere au crescut mult.

Remorcajul de automosor este metoda prin care planorul este ridicat până la o anumită înălțime cu ajutorul unui dispozitiv special numit automosor (vezi fig. 8.10).

Automosorul este o mașină dotată cu unul sau 2 tamburi, antrenați în mișcare de rotație de un motor, și pe care se înfășoară un cablu. Planorul este tras de acest cablu cu o viteză anume. Pilotul planorist va pune planorul pe o pantă de urcare (va trage de mansă), până la o anumită înălțime (cca.200--300 m), după care va declanșa și va executa tema de zbor.

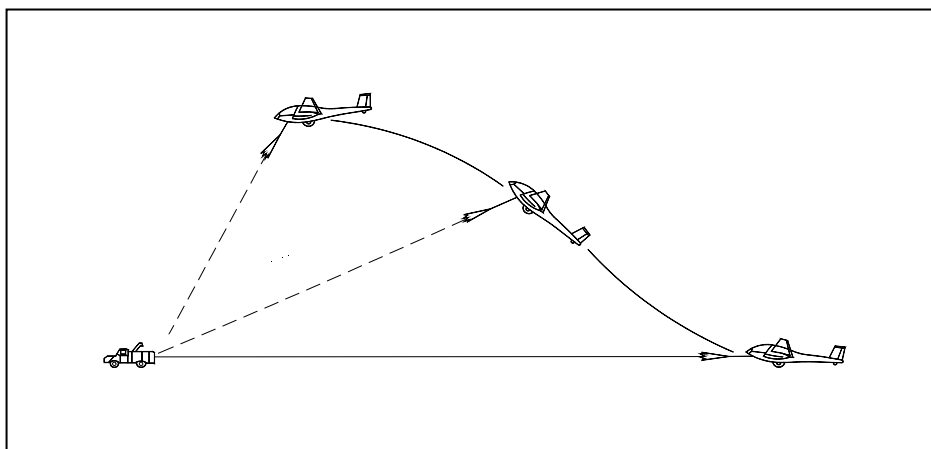


Fig. 8.10. Remorcajul de automosor

Remorcajul de avion este metoda prin care un planor este adus la înălțimea necesară cu ajutorul unui avion. Planorul este legat de avion prin intermediul unei funii lungi de 25-30 m și când avionul ajunge la înălțimea dorită, pilotul planorist declanșează cablul și execută zborul liber în continuare.

În România se folosesc, în prezent, pentru remorcaj, avioanele de tip PZL-104 Wilga-35A de construcție poloneză, sau automosoarele de tip AL-34 de construcție românească. În unele aerocluburi se folosesc automosoare de tip "Tost" de construcție germană.

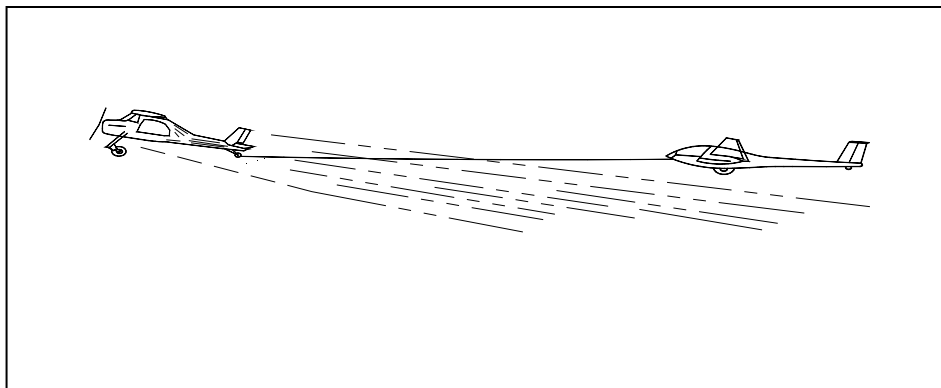


Fig. 8.11. Remorcajul de avion

9. Automosorul AL 34

În continuare vom prezenta pe scurt automosorul de tip AL 34:

Corpul automosorului propriu-zis este montat pe un șasiu de camion tip "Bucegi" fapt care îi permite să se deplaseze de la un loc la altul cu mijloace proprii. Automosorul are pentru acționare un motor de 258 CP, ce antrenează pe rând unul dintre cei 2 tamburi cu care este echipat. Combustibilul folosit este motorina.

Pe tamburi se înfașoară cabul de remorcaj de 4,5 mm diametru; acesta este de tip multifilar și are o lungime de aproximativ 900-1500 m., lungime ce variază în funcție de lungimea terenului de decolare.

Fiecare tambur este echipat cu o foarfecă pentru tăiat cabul (la comanda pilotului mosorist) și cu un distribuitor care are rolul de a așeza cabul pe tambur spiră lângă spiră.

10. Planorul IS 28 B₂

Este un planor de *școală și antrenament* de dublă comandă de construcție românească. Este complet metalic (din duraluminiu) și are ca destinație zborurile de școală, antrenament și acrobație.

Postul principal de pilotaj se află în față (postul elevului).

Ampenajele sunt în "T".

Este prevăzut cu *volet de curbură* și frâne aerodinamice de tip Hutter, amplasate pe extradros. Trenul de aterizare este *semiescamotabil*, echipat cu amortizor oleopneumatic. Roata principală este prevăzută cu frână mecanică acționată în continuarea frânei aerodinamice.

La planoarele cu număr de serie până la 54, comanda frânei pe roată se găsește amplasată fie pe manșă, fie pe podea, în partea stângă a postului de pilotaj.

Voletul de curbură are 5 poziții:

-1	= -5°
0	= 0°
1	= 5°
2	= 10°
3	= 15°

Planorul poate executa următoarele evoluții acrobatice:

- vrie;
- looping;
- ranversare;

- răsturnare.

Pentru zborurile acrobatice planorul va fi echipat cu *accelerometru*.

Factorii de sarcină ai planorului IS 28 B₂ sunt:

- la greutatea de 590 Kgf = + 5.3 și - 2.65 (varianta Utilitar)
- la greutatea de 520 Kgf = + 6.5 și - 4 (varianta Acrobat)

Greutăți maxime admise la decolare:

- în dublă comandă = 590 Kgf
- în simplă comandă = 520 Kgf.

Greutatea maxim admisă în spațiul de bagaje

(fără a depăși greutatea maxim admisă) = 20 Kgf.

Greutatea planorului gol = 375 Kgf

Centrajul este realizat în limitele: 22% CMA (față) și 47% CMA (spate).

În situația în care pilotul este prea ușor se vor monta greutateți de plumb pe podeaua postului de pilotaj față, după cum urmează:

La planoarele până la seria 45, pentru piloții ușori, (greutate între 55-61 Kgf), se va pune lest o greutate de 6 Kgf.

Pentru planoarele cu seria de fabricație peste 45 centrajul se asigură după cum urmează:

65-70 Kgf în postul principal 4 Kgf lest

60-65 Kgf în postul principal 8 Kgf lest

55-60 Kgf în postul principal 11.3 Kgf lest

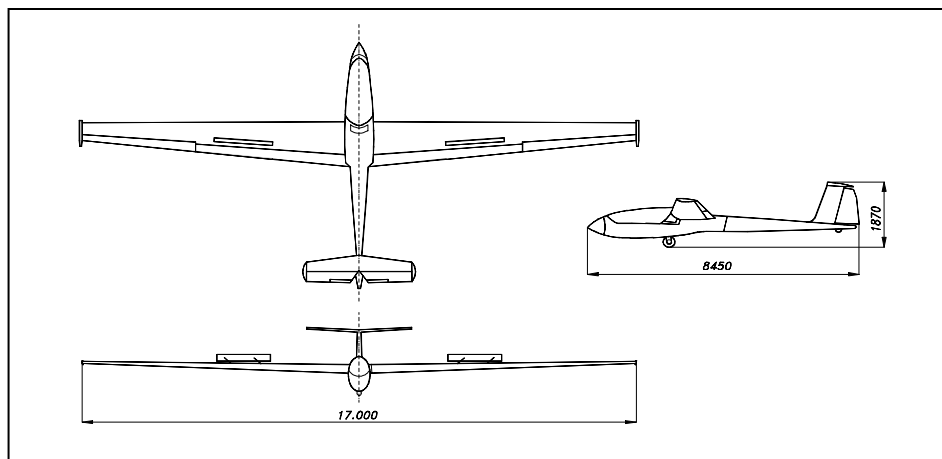
Planorul este echipat cu următoarele instrumente de bord:

- variometru \pm 5 m/s;
- variometru \pm 30 m/s;
- altimetru;
- vitezometru;
- busola;
- indicator de viraj și glisadă.

Ultimele planoare din serie au din construcție montată priza specială pentru presiune (priza pentru tubul Braunschweich).

Planorul IS 28 B₂ se admite la zbor cu următoarele defecte:

- trenul de aterizare nu se poate escamota, dar este sigurantat pe poziția scos;
- mici deformații pe înveliș datorate unor lovituri;
- fisuri ale cupolei de plexiglas (dar nu mai mari de 100 mm);
- lipsa geamurilor;
- nituri mișcate pe învelișul aripilor (dar nu mai mult de 10% din îmbinare și nu mai mult de 3 nituri alăturate);
- spărturi ale învelișului suprafețelor de comandă mai mici de 50 mm.


Fig. 10.12. Planorul IS 28 B₂

Caracteristicile geometrice și parametri de zbor sunt prezentați împreună cu cele ale planorului IS 29 D₂.

Particularitățile privind tehnica pilotajului sunt prelucrate în cap.7 "Tehnica pilotajului".

11. Descrierea cabinei planorului IS 28 B₂

Ambele posturi de pilotaj (asezate în tandem) sunt acoperite de o cupolă de plexiglas care se deschide în jurul unor șarniere, spre dreapta.

În partea stângă a cadrului metalic, în dreptul fiecărui pilot se găsește *maneta de închidere-deschidere a cabinei*, iar pe partea dreaptă, în mod simetric se găsește *maneta de largare a cupolei* (mâner de culoare roșie).

Comanda voletului (mâner de culoare neagră) și a frânei aerodinamice (mâner albastru) sunt amplasate pe peretele din stânga posturilor de pilotaj.

Pe podea, în partea stângă, în ambele posuri, se află *maneta de comandă a frânei pe roată* (la planoarele până la seria 45).

Pe partea stângă a cabinei în fața *comenzii frânei aerodinamice* se găsește *maneta de comandă a compensatorului* (culoare verde).

Pe partea dreaptă a cabinei, în ambele posturi de pilotaj se găsește *comanda de escamotare a trenului de aterizare* (poziția înainte = tren escamotat).


Fig. 11.13. Descrierea cabinei planorului IS 28 B₂

Comanda declanșatorului (maneta galbenă) se găsește amplasată pe postul din față în partea stângă a tabloului de bord, iar pentru postul de pilotaj spate, aceasta se găsește pe partea stângă a peretelui cabinei.

În fața manșei, pe podea, în postul de pilotaj față, se găsesc *casetele pentru fixarea leșului suplimentar de corectare a centrajului* și deasupra acestora, la centru, *rozeta de reglare a poziției palonierului*.

Descrierea planșei de bord a planorului se găsește în cap. 5. "Instrumente de bord".

12. Planorul IS 29 D₂

Este un planor pentru *antrenament și performanță*, monoloc (de simplă comandă), de construcție românească. Este complet metalic (din duraluminu).

Ampenajele sunt în "T".

Este prevăzut cu *volet de curbură* și frâne aerodinamice de tip Hutter, amplasate pe extrados. Trenul de aterizare este escamotabil, echipat cu amortizor de cauciuc. Roata principală este prevăzută cu frână mecanică acționată în continuarea frânei aerodinamice.

La ultimele serii de planoare, comanda frânei pe roată se găsește amplasată pe manșă.

Voletul de curbură are 5 poziții:

$$-1 = -5^{\circ}$$

$$0 = 0^{\circ}$$

$$1 = 5^{\circ}$$

$$2 = 10^{\circ}$$

$$3 = 15^{\circ}$$

Planorul poate executa următoarele evoluții acrobatice:

- vrie;
- looping;
- ranversare;
- immelman.

Factorii de sarcină ai planorului IS 29 D₂ sunt:

-la greutatea de 360 Kgf + 5.3 și - 2.65

Greutatea maxim admisă în spațiul de bagaje

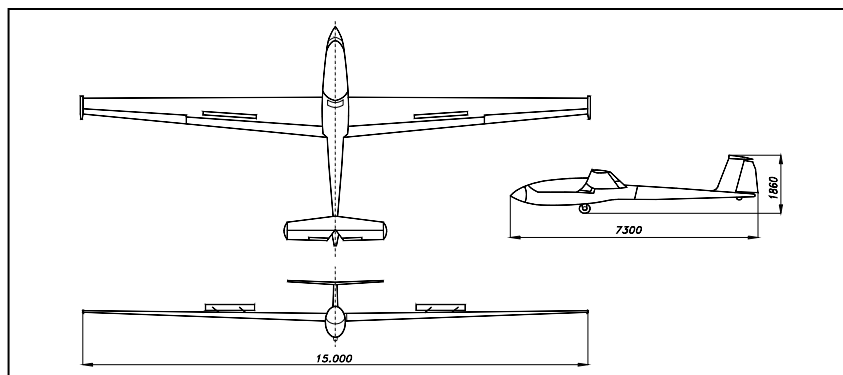
(fără a depăși greutatea maxim admisă) 20 Kgf.

Greutatea planorului gol 244 Kgf.

Centrajul este realizat în limitele: 18.75% CMA (față) și 43% CMA (spate).

Planorul este echipat cu următoarele instrumente de bord:

- variometru ± 5 m/s;
- variometru ± 30 m/s;
- altimetru;
- vitezometru;
- busola;
- indicator de viraj și glisadă.


Fig. 12.14. Planorul IS 29 D₂

Ultimele planoare din serie au din construcție montată priza specială pentru presiune (priza pentru tubul Braunschweich).

Particularitățile privind tehnica pilotajului sunt prelucrate în cap.7 "Tehnica pilotajului".

13. Caracteristicile geometrice ale planoarelor IS 28 B₂ și IS 29 D₂

DIMENSIUNI	IS 28 B ₂	IS 29 D ₂
Anvergura	17 m	15 m
Lungime maximă	8.45 m	7.3 m
Înălțime maximă	1.87 m	1.68 m
Suprafața aripii	18.24 m ²	11.68 m ²
Diedrul aripii	2° .30'	2°
Suprafața eleronului 2 x	1.28 m ²	1.04 m ²
Suprafața voletului		1.36 m ²
Suprafața stabilizatorului	1.37 m ²	0.79 m ²
Suprafața derivei	0.68 m ²	0.628 m ²
Suprafața profundorului	1.36 m ²	0.59 m ²
Suprafața direcției	0.81 m ²	0.556 m ²
Bracajul profundorului în sus	30°	25°
Bracajul profundorului în jos	26°	20°
Bracajul direcției la stânga	30°	41°
Bracajul direcției la dreapta	30°	41°
Bracajul eleroanelor în sus	28°	28°
Bracajul eleroanelor în jos	10°	15°



Bracajul flapsului în sus	5°	5°
Bracajul flapsului în jos	15°	15°

14. Caracteristicile în zbor ale planoarelor IS 28 B₂ și IS 29 D₂

DIMENSIUNI	IS 28 B ₂	IS 29 D ₂
Finețea maximă a planorului	34	37
Viteza de zbor în S.C.	94 Km/h	93 Km/h
Viteza de zbor în D.C.	100 Km/h	-
Viteza de cădere pentru finețe maximă: - în simplă comandă - în dublă comandă	0.82 m/s 0.86 m/s	0.7 m/s -
Viteza minimă de cădere fiind de: se obține la viteza de zbor de:	0.6 m/s 80 Km/h	0.6 m/s 78 Km/h
Viteza minimă de cădere în D.C. este obținută la viteza	0.86 m/s 85 Km/h	-
Viteza maxim admisă (V _{NE})	230 Km/h	225 Km/h
Viteza maxim admisă la rafală a vântului de 15 m/s	165 Km/h	172 Km/h
Viteza maxim admisă în remorcaj de avion	140 Km/h	140 Km/h
Viteza maxim admisă în remorcaj de automotor	125 Km/h	125 Km/h
Viteza maxim admisă de scoatere a trenului și cu trenul de aterizare scos	230 Km/h	225 Km/h
Viteza maxim admisă de scoatere și cu frâna aerodinamică scoasă *	230 Km/h	225 Km/h
Viteza de manevră (V _A)	165 Km/h	172 Km/h
Viteza maxim admisă cu voletul brăcat în poziția: -1 1 și 2 3	230 Km/h 180 Km/h 130 Km/h	225 Km/h - 140 Km/h
Viteza de angajare în configurația de aterizare (viteza limită cu volet în poziția +3)(V _{SO})	65 Km/h	65 Km/h
Viteza minimă fără volet (greutate planor = 590 Kg)	70 Km/h	75 Km/h
Viteza optimă de remorcaj avion	110-115 Km/h	110-115 Km/h
Viteza optimă de remorcaj automotor	100 Km/h	105 Km/h



Viteza optimă de apropiere pentru aterizare (cu volet scos)	100 Km/h	100 Km/h
Viteza minimă de apropiere pentru aterizare	85 Km/h	90 Km/h
Viteza normală de aterizare (de contact cu solul la aterizare)	65-70 Km/h	70 Km/h
Viteza maximă a componentei laterale a vântului admisă la decolare	6 m/s	6 m/s

* La planoarele IS 28 B₂ cu seria până la 54, viteza maximă de scoatere și de zbor cu frâna aerodinamică scoasă este de 140 Km/h.

15. Marcarea vitezometrului la planoarele IS 28 B₂ și IS 29 D₂

MARCAJ	IS 28 B ₂	IS 29 D ₂
linie radială roșie	230 Km/h	225 Km/h
arc galben (utilizare cu prudență)	165-230 Km/h	172-224 Km/h
arc verde (utilizare normală)	70-165 Km/h	75-172 Km/h
arc alb (zona de utilizare a voleților)	65-130 Km/h	65-140 Km/h

16. Planorul IS 32 A

Este un planor biloc cu locuri în tandem, de construcție complet metalică, cu ampenaj în "T" și tren de aterizare escamotabil. Este prevăzut cu volet de curbură interconectat cu eleroanele (*flapperon*) și frâne aerodinamice.

Planorul este destinat zborului de antrenament și performanță.

Planorul este echipat cu tren principal monoroată, escamotabil, cu amortizor oleopneumatic și cu o roată bechie.

Voletul cu eleronul (cu manșa la mijloc) au 4 poziții:

-1 = -5°

0 = 0°

1 = 5°

2 = 10°

Frâna aerodinamică de tip Hutter este amplasată pe extrados și pe intrados.

Ambele posturi de pilotaj (așezate în tandem) sunt acoperite de o cupolă de plexiglas care se deschide în jurul unor șarniere spre dreapta.

În partea stângă a cadrului metalic, în dreptul fiecărui pilot se găsește maneta de închidere-deschidere a cabinei, iar pe partea dreaptă, în mod simetric se găsește maneta de largare a cupolei (mâner de culoare roșie). Comanda voletului (mâner de culoare neagră) și a frânei aerodinamice (mâner albastru) sunt amplasate pe peretele din stânga posturilor de pilotaj.

Pe podea, în partea stângă, în ambele posturi, se află maneta de comandă a frânei pe roată (a trenului de aterizare).

Pe partea stângă a manșei, la baza sa, se găsește comanda compensatorului (culoare verde).

Pe partea dreaptă a cabinei, în ambele posturi de pilotaj se găsește comanda de escamotare a trenului de aterizare (poziția înainte = tren escamotat).

Comanda declanșatorului (maneta galbenă) se găsește amplasată pe postul din față în partea stângă a tabloului de bord, iar pentru postul de pilotaj spate, aceasta se găsește pe peretele din stânga cabinei.

În fața manșei, pe podea, în postul de pilotaj față, se găsesc casetele pentru fixarea leștului suplimentar de corectare a centrărilor și deasupra acestora, la centru, rozeta de reglare a poziției palonierului.

17. Caracteristici geometrice ale planorului IS 32 A

Anvergura	20 m
Lungimea maximă	8.36 m
Înălțimea maximă	1.55 m
Suprafața aripilor (diedru de 2°)	14.68 m ²
Suprafața eleronului (2 x 0.1945 m ² =)	0.389 m ²

Suprafețe ampenaje:

Stabilizator	1.16 m ²
Profundor	0.6 m ²
Deriva	0.697 m ²
Direcție	0.57 m ²

Bracaje:

Profundor în sus	30° ± 2°
Profundor în jos	27° ± 2°
Direcție în stânga	30° ± 2°
Direcție în dreapta	30° ± 2°
Eleron în sus	-17° ± 2°
Eleron în jos	10° ± 2°

Zborul în nori este interzis.

Zborul de noapte este interzis.

Factori de sarcină la greutatea maximă de 590 Kgf: +4 și -1;

Greutate planor gol: 407 Kgf;

Greutatea maximă în D.C. (utilitar): 590 Kgf;

Greutatea maximă în spațiul de bagaje (fără a depăși greutatea admisă: 20Kgf

Limitele de centraj:

- față: 19.3% CMA

- spate: 44.1% CMA

Pentru încadrarea în limitele de centraj în cazul piloților ușori se utilizează lest suplimentar de plumb amplasat pe podeaua postului de pilotaj față, după cum urmează:

55-65 Kgf în postul de pilotaj principal 14,6 Kgf lest

66-75 Kgf în postul de pilotaj principal 7,3 Kgf lest

Lestul se aplică la zborurile în SC când greutatea pilotului (inclusiv parașuta) este mai mică decât 75 Kgf.

Finețea optimă este de 46.5 și se obține la viteza de 104 Km/h în SC și 108 Km/h în DC.

Viteza maxim admisă a vântului lateral este de 5 m/s.

18. Caracteristici în zbor ale planorului IS 32 A

Viteza maxim admisă (VNE)	195 Km/h
Viteza maximă la rafală a vântului de 15 m/s (V_B)	160 Km/h
Viteza maximă în remorcaj de avion (V_T)	140 Km/h
Viteza maximă cu trenul de aterizare scos (V_{LO})	195 Km/h
Viteza maximă de scoatere a trenului (V_L)	140 Km/h
Viteza maximă cu frânele scoase (V_{frina})	195 Km/h
Viteza maximă cu voletul bracad la $10^\circ (+2)$	140 Km/h
Viteza maximă de lansare cu automosorul	125 Km/h
Viteza de manevră (V_A)	160 Km/h
Viteza de angajare în configurația de aterizare (V_{SO})	80 Km/h
Viteza de angajare în configurație normală (volet= 0°)	86 Km/h
Viteza minimă de înfundare (de 0.56 m/s) se obține la viteza de	90 Km/h

Marcarea vitezometrului:

linie radială roșie	195 Km/h
arc galben (utilizare cu prudență)	160-195 Km/h
arc verde (utilizare normală)	85-160 Km/h
arc alb (zona de utilizare a voleților)	80-140 Km/h
triunghi galben	110 Km/h

19. Norme de întreținere a planoarelor

Normele de întreținere constau într-o serie de controale, revizii periodice care se fac:

- zilnic, înainte de zbor
 - la scoaterea din hangar;
 - la start.
 - săptămânal
 - la efectuarea unui număr de zboruri stabilite;
 - la întoarcerea din zborul de distanță;
 - la stocare;
 - când se observă sau se depistează un defect.
- Întreținerea propriuzisă constă în:
- curățirea interioară și exterioară a planorului;
 - gresarea pieselor în mișcare;
 - controlul și aducerea la poziția normală a amortizoarelor și a cauciucurilor;
 - reglarea comenzilor și a compensatoarelor;
 - reglarea instrumentelor de bord;
 - aprovizionarea cu surse electrice, oxigen, etc. pentru instrumentele și echipamentul de bord.

Întreținerea aparatelor de bord constă în însăși montarea lor în așa fel încât să fie ferite de șocuri și presiuni. Aceasta se realizează prin montarea tabloului de bord pe planor prin intermediul garniturilor de cauciuc. Se va avea grijă să nu existe gătuiri sau fisuri la conducte.

Conductorii electrici trebuie să aibă continuitate, să aibă izolația în bună stare.

Prizele de aer trebuie să fie curate, iar în repaus să fie husate.

Prizele trebuie să fie ferite de șocuri mecanice și de modificări de secțiune.

Bateriile pentru instrumentul giroscopic să fie schimbate la timp.

Busola să fie compensată, controlată zilnic pentru depistarea eventualelor defecte.

Orice instrument va fi înlocuit în situația în care o cauză internă face ca acesta să nu funcționeze sau să dea indicații eronate.

PARTEA a II-a INSTRUMENTE DE BORD

1. Importanța instrumentelor de bord

Odată cu dezvoltarea tehnicii s-a dezvoltat și aviația. Astfel, în cadrul zborului fără motor, având planeuri cu finețe mare, iar zborul efectuându-se în totalitate pe baza unor calcule, s-a impus perfecționarea și diversificarea instrumentelor de la bordul aeronavelor.

Instrumentele de bord, pentru a putea fi observate mai ușor se instalează pe un bord aflat în fața pilotului.

În perfecționarea zborului s-a ajuns ca la bordul planeurilor să existe calculatoare de bord care indică pilotului cât să spiraleze într-o termică, cu ce viteză și până la ce înălțime să execute un salt.

2. Clasificarea instrumentelor de bord

a. instrumente de bord pentru controlul funcționării motorului

Aceste instrumente se găsesc la bordul avioanelor și motoplanoarelor și sunt:

- indicatorul de ture al motorului (tachimetrul sau comptur);
- manometre de presiune pentru benzină, ulei și amestec admisie;
- termometre ulei, chiulase, lichide de răcire;
- litometre (pentru cantitatea de combustibil existentă);

b. instrumente de bord pentru controlul calității zborului

- indicatorul viraj și glisadă;
- vitezometrul;
- variometrul;
- calculatorul de bord;
- abace și inele;

c. instrumente de bord pentru controlul poziției în zbor

- altimetrul;
- barograful;
- orizontul artificial;
- girocompasul și radiocompasul;
- compasul magnetic;
- transponder, stație de radio ;

d. instrumente de bord pentru controlul navigației aeriene

- compasul de aviație (busola);
- girodirectionalul;
- vitezometrul;
- altimetrul;
- variometrul;
- ceas, abace, rigle, harta și aparatura radioelectrică;

e. instrumente de bord pentru protecția echipajului

- parașuta;
- inhalatorul de oxigen;
- echipamentul de zbor special;
- senzori de coleziune ;

Capsule, tuburi, membrane

Instrumentele de bord pentru a putea funcționa au în componența lor surse de tensiune, capsule aneroide, capsule deschise, prize de presiune, membrane, tuburi Bourdon și capsule armonice.

a. Capsulele sunt cutii metalice, cilindrice cu suprafețele de bază din membrane metalice subțiri, ondulate și elastice. La unele capsule lipsește inelul rigid și suprafețele de bază sunt sudate (lipite direct) (fig 3.1.).

Capsulele aneroide sunt capsule închise vidate la interior mai mult sau mai puțin (o presiune scăzută și constantă în permanență).

Capsulele manometrice (deschise) sunt de același format cu cele aneroide, având o comunicație cu exteriorul prin care se poate introduce o presiune.

b. Membranele sunt foi metalice (sau folii de material plastic) subțiri și elastice, plate sau ondulate, care, sub influența presiunilor ce nu depășesc 2 Kg/cm^2 pot transmite deformațiile lor unui mecanism indicator.

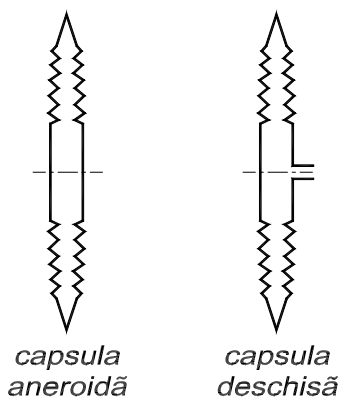


Fig. 3.1. Capsule

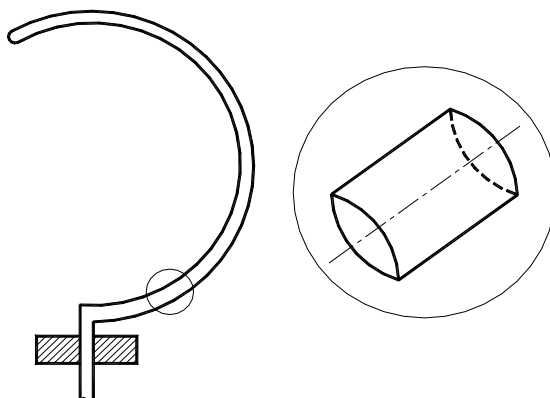


Fig. 3.2. Tubul Bourdon

c. Tubul Bourdon este o țevă subțire confecționată din metal elastic. Un capăt al țevii este închis și pus în legătură cu un sistem indicator, iar celălalt capăt este deschis și pus în legătură cu un organ de comandă. Țeava elastică este înfășurată circular în formă de serpentină.

Tuburile Bourdon se întrebuințează în construcția termometrelor de ulei și a manometrelor. Acestea funcționează pe principiul deformării țevii elastice sub acțiunea unei presiuni ce acționează prin capătul deschis (fig 3.2.).

d. Capsula armonica este un burduf cu pereții laterali elastici și interiorul pus în legătură cu un tub Bourdon.

e. Prizele de presiune (de aer) întrebuințate în aviația sportivă sunt:

- trompa Venturi;
- tubul Pittot;
- tubul Braunschwich;

Trompa Venturi se folosește la planoarele de viteză mică datorită sensibilității mari a acesteia. Trompa (tubul) Venturi este un corp deschis al cărui diametru interior se îngustează la aproximativ $1/4-1/5$ din lungimea sa, apoi se lărgeste treptat până la mărimea secțiunii de intrare. În secțiunea micșorată curentul de aer își va mări viteza, deci și energia cinetică, respectiv presiunea dinamică. În baza legii continuității (legea lui Bernoulli) presiunea statică pe secțiune va scădea. Mărimea presiunii dinamice este direct proporțională cu diferența dintre presiunea

statică de la intrarea în tub și cea din secțiunea micșorată. Masurând cu un vitezometru această diferență, vom afla viteza cu care zboară aeronava (fig 3.3.).

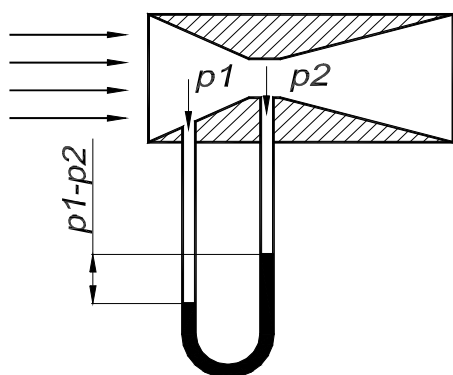


Fig. 3.3. Tubul (trompa) Venturi

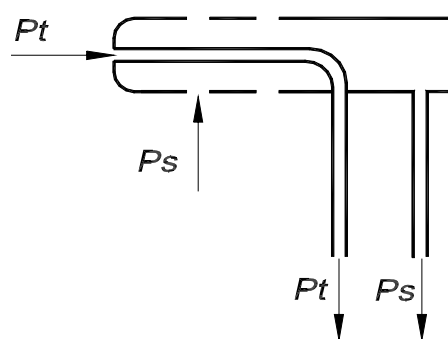


Fig. 3.4. Tubul Pittot

Tubul Pittot este un dispozitiv care înlocuiește în prezent trompa Venturi. Acest lucru s-a impus datorită simplității constructive a acestuia. Cu ajutorul tubului Pittot se culege din exterior presiunea totală și presiunea statică.

Presiunea dinamică apare ca efect al vitezei fluidului, perpendicular pe direcția de deplasare a fileurilor de aer.

Presiunea statică este presiunea care acționează perpendicular pe o suprafață indiferent de orientarea acesteia, ca efect al greutății coloanei de aer la înălțimea respectivă. Aceste presiuni, culese cu ajutorul tubului Pittot se introduc în instrumentele de la bordul aeronavei.

La construcțiile actuale, pe planoare, tubul Pittot este înlocuit cu 2 prize, din care una pentru presiunea statică aflată pe fuselaj și una pentru presiunea totală aflată în bot, pe direcția fileurilor de aer.

Priza de depresiune (tubul Braunschwich) este un dispozitiv care culege presiunea statică diminuată cu o fracțiune proporțională cu presiunea dinamică. Acest dispozitiv se cuplează la variometrul de energie totală.

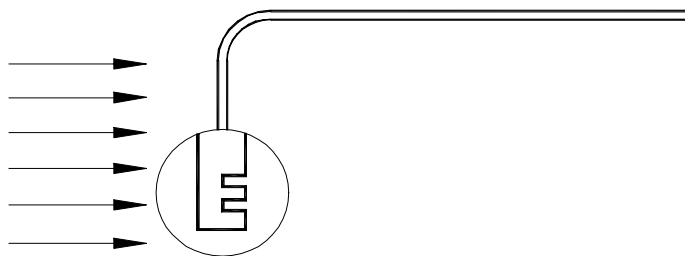


Fig. 3.5. Tubul Braunschwich

4. Altimetrul

Altimetrul barometric este un instrument cu ajutorul căruia se poate determina înălțimea la care zboară aeronava în raport cu locul de decolare sau în raport cu nivelul mării.

Altimetrul cu capsulă are ca traductor o capsulă aneroidă care se deformează odată cu modificările presiunii atmosferice (P_s); vezi (fig. 4.5.).

Capsula se va dilata odată cu scăderea presiunii și se va contracta odată cu creșterea presiunii. Aceste deformații se transmit prin intermediul unui sistem cu pârghii unui ac indicator care se rotește în fața unei scale gradate în unități de înălțime.

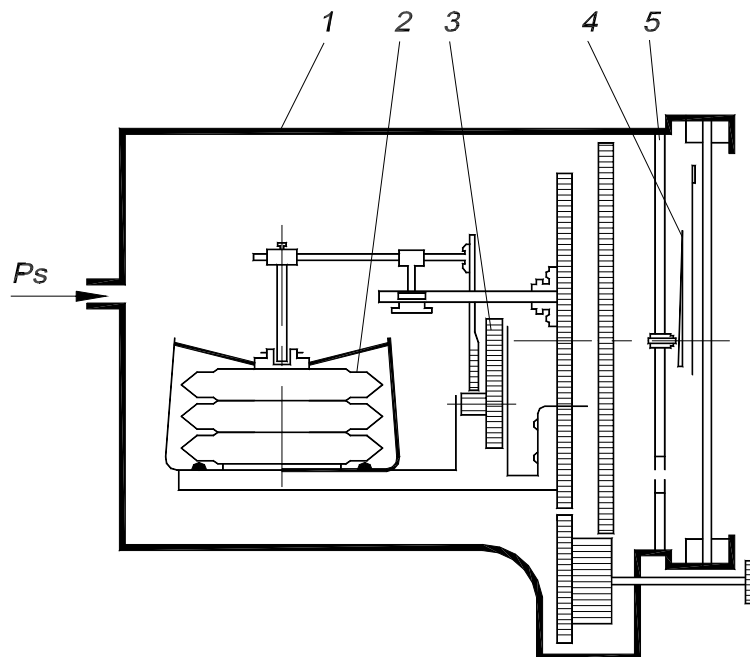


Fig. 4.6. Altimetrul barometric

Altimetrul este format din:

- carcasa de aluminiu sau ebonită prevăzută cu un orificiu pentru cuplarea la priza de presiune statică (1);
- capsula aneroidă pusă în legătură cu un ac indicator printr-un sistem de pârghii (2);
- ac indicator (4);
- sistem de pârghii (3);
- scala gradată în metri sau picioare (feet) altitudine (5).

Funcționare: Odată cu creșterea înălțimii, presiunea statică scade, capsula se dilată și acul indicator ne va indica înălțimea la care ne aflăm.

La scăderea înălțimii presiunea crește, capsula se comprimă și acul se va deplasa prin intermediul sistemului de pârghii, indicându-ne noua înălțime.

Altimetrul electric măsoară înălțimea față de sol pe principiul emiterii de semnale electromagnetice.

Măsurând timpul între momentul emiterii și momentul recepționării semnalului, se determină înălțimea la care se află aeronava față de obstacolele de pe sol (înălțimea reală).

4.1. Calajul altimetric

Necesitatea reglării altimetrului barometric în raport cu presiunea atmosferică în cazul zborului pe căile aeriene, cât și la celelalte zboruri, pentru a avea o indicație corectă la altimetru în raport cu pragul pistei, a dus la introducerea unei scale barometrice în interiorul instrumentului. Această scală barometrică este vizibilă într-o fereastră a altimetrului și este gradată în mb sau mm Hg.

Operațiunea de calaj altimetric este descrisă în paragraful 8.1.

5. Vitezometrul

Vitezometrul este instrumentul de bord care indică viteza de zbor a aeronavei față de fileurile de aer (aceasta viteză se mai numește și viteză proprie).

Principiul de construcție a vitezometrului se bazează pe măsurarea presiunii dinamice.

Cunoscând densitatea aerului din relația presiunii dinamice se poate calcula viteza:

$$q = \frac{\rho v^2}{2} \quad \text{unde:}$$

q = presiunea dinamică;

ρ = densitatea aerului;

v = viteza de zbor.

rezultă:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\rho}}$$

Deși instrumentul măsoară o presiune printr-o calibrare corespunzătoare scala vitezometrului este gradată în unități de viteză (km/h).

Construcțiv, vitezometrul este realizat din:

- carcasa de aluminiu sau ebonită (1);
- capsula deschisă (2);
- sistem de pârgă (3);
- acul indicator (4);
- scala gradată (5).

Funcționare: capsula se cuplează la priza de presiune totală P_t iar carcasa la priza de presiune statică P_s . Cu cât viteza este mai mare și presiunea dinamică va fi mai mare.

$$P_d = P_t - P_s$$

Capsula se va deforma cu o mărime proporțională cu:

$$P_t - P_s = (P_d + P_s) - P_s = P_d + P_s - P_s = P_d$$

Deci capsula se va deforma proporțional cu presiunea dinamică P_d . Aceasta va fi indicată pe scala gradată direct în km/h.

Datorită faptului ca vitezometrul măsoară de fapt presiunea dinamică, iar trasarea scalei a fost realizată la joasă înălțime în condiții de densitate constantă a aerului, aceasta va da erori odata cu creșterea înălțimii de zbor. În general în practică se consideră sporirea vitezei reale față de fileurile de aer cu 0.5% pentru fiecare 100 m înălțime.

Exemplu: o aeronavă care are vitezometrul etalonat la nivelul mării (760 mmHg) și va zbura la 200 m cu viteza de 100 km/h indicată la aparat, va avea în realitate, față de mediul înconjurător, o viteză de cca.101 Km/h.

Corectarea vitezei cu înălțimea este necesară pentru domeniul vitezelor mari pentru a nu depăși V_{NE} .

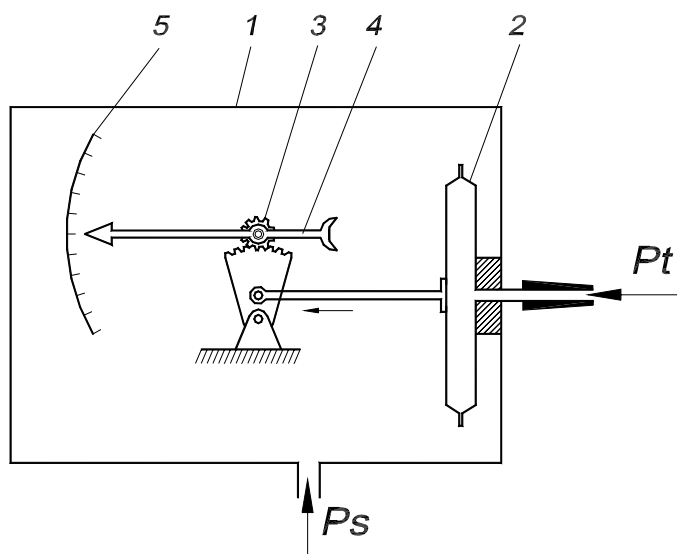


Fig. 5.7. Vitezometrul

6. Variometrul

Variometrul este un aparat (instrument de bord) care măsoară viteza de urcare sau de coborâre a aeronavei (în m/s).

Pentru pilotul planorist acest instrument are o importanță deosebită deoarece în baza acestor indicații va exploata curentul ascendent.

Constructiv variometrele se împart în:

- variometru cu capsulă;
- variometru cu paletă;
- variometru cu bilă;
- variometru electric;
- variometru cu lichid;
- variometru de energie totală.

Fig. 6.8. Variometrul cu capsula

6.2. Variometrul cu paletă

Variometrul cu paletă (vezi fig. 6.9.), este construit din următoarele elemente:

- carcasa în care se mișcă o paletă (1), care transmite mișcarea unui ac indicator (4);
- paleta (2);
- ac indicator (3);
- scala gradată (5)
- termos ;
- spațiul capilar care preia rolul tubului capilar. Acesta este spațiul dintre carcasă și paletă (6).

Funcționarea este asemănătoare cu a variometrului cu capsulă:

Astfel dacă aeronava urcă, presiunea în spațiul II va fi mai mică decât presiunea din spațiul I-termos și sub efectul acestei diferențe de presiune, paleta se va deplasa. Această deplasare va fi transmisă acului indicator care ne va arăta valoarea urcării. Totodată există tendința de egalizare a presiunilor prin spațiul capilar (spațiul dintre paletă și carcasă).

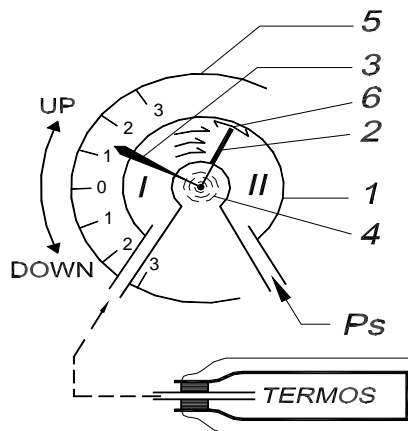


Fig. 6.9. Variometrul cu paletă

Când urcarea va înceta, presiunile se vor egaliza prin spațiul capilar și acul va reveni la poziția 0 (m/s).

Acest tip de variometru aflat la bordul planoarelor este etalonat până la 5 m/s. În cazul urcărilor cu viteze mai mari de 5 m/s, variometrul nu se va defecta deoarece paleta se va lipi de suport, presiunile din termos și exterior egalizându-se direct. În momentul când scade viteza de urcare, paleta se va dezlipi de suport datorită cuplului asigurat de către resortul spiral și va indica din nou viteza de urcare în domeniul 0-5 m/s.

Acest tip de variometru este folosit pe planoare pentru centrarea în termică, fiind mai precis și mai sensibil (scala totală este de 5 m/s).

6.3. Variometrul cu bile

Variometrul cu bile funcționează pe același principiu ca și variometrele descrise anterior. Curentul de aer care se naște din cauza tendinței de egalizare a presiunii dintre exterior și termos, mișcă bilele din tubul conic de sticlă după cum se vede în fig. 6.10, la urcare (a) și la coborâre (b). Bilele se execută din materiale ușoare și se colorează în verde pentru urcare și în roșu pentru coborâre.

6.4. Variometrul electric

La toate variometrele descrise există întârzieri în indicații datorită spațiului capilar. Pentru a se elimina aceste întârzieri s-a construit variometrul electric.

La baza funcționării acestui instrument stă principiul măsurării vitezei maselor de aer prin metoda firului incandescent. Un fir foarte subțire de platină este încălzit electric, curentul de aer a căruia viteză se măsoară racește firul și prin aceasta îi schimbă rezistența electrică.

Măsurarea se bazează pe principiul punții Wheastone, unde pe doua laturi avem rezistențele de platină (d), o sursa de alimentare (E), un aparat indicator și un potențiomtru (P) care servește la modificarea limitei de măsurare. Potențiomtrul folosește la aducerea acului în poziția "0".

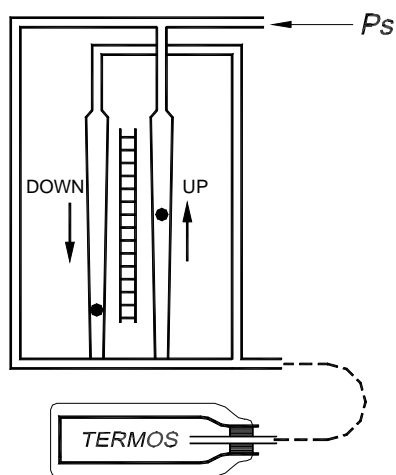


Fig. 6.10. Variometrul cu bile

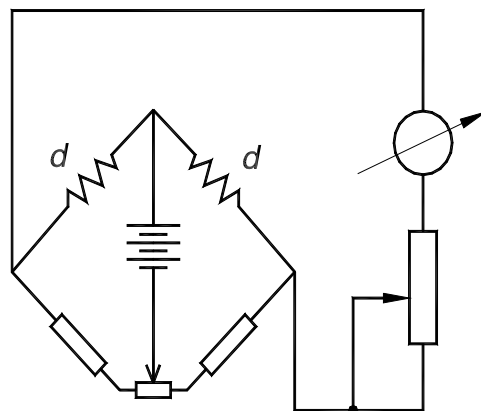


Fig. 6.11. Variometrul electric

6.5. Variometrul cu lichid

Variometrul cu lichid funcționează pe principiul manometrului cu lichid (fig. 6.12.).

Deoarece tubul capilar în care se fac citirile este orizontal nu este în concordanță cu sensul fizic al indicației, cât și datorită faptului că lichidul este influențat de forțele centrifuge și de inerție, acest tip de variometru nu se folosește în practică.

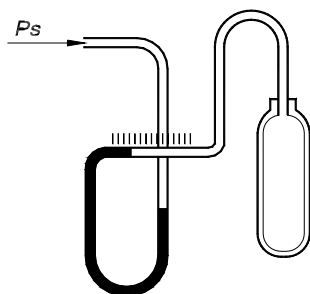


Fig. 6.12. Variometrul cu lichid

6.6. Variometrul de energie totală (VET)

Odată cu apariția variometrului pe planșa de bord s-a revoluționat zborul fără motor. Astfel a fost făcut un pas înainte privind zborul de performanță și în special zborul în curenți ascendenți termici.

Totuși variometrele normale au un mare dezavantaj și anume își modifică indicația în funcție de viteza de zbor, adică indică și urcările sau coborârile datorate mișcărilor manșei în profunzime. Pentru centrarea în căminul termic este important să citim la variometru numai valoarea curentului ascendent în diferite puncte ale spiralei.

Dacă analizăm un zbor cu variometrele normale, vom vedea că pilotul care execută un salt cu o viteză de cca. 120-150 Km/h, când va întâlni o ascendență, va trage de manșă pentru a putea să execute spirale mai strânse și să zboare în căminul termic în zona de viteză care asigură înfundarea minimă. În acel moment și variometrul va indica urcare (datorată atât cabrajului planorului cât și urcării în căminul ascendent), fapt care va duce în eroare pilotul planorist privind valoarea reală a termicii.

VET caută să elimine această deficiență a variometrului normal. Denumirea acestui instrument vine de la faptul că urmărește modificările de energie totală ale aeronavei:

$$E_t = E_c + E_p, \text{ unde:}$$

E_t = energia totală a planorului;

E_c = energia cinetică a planorului ce depinde de viteza de zbor;

E_p = energia de poziție a planorului ce depinde de înălțimea la care se află în zbor. Ținând cont că la zborul normal E_t = constant, rezultă că se pot modifica energiile E_c și E_p una în dauna celeilalte. Astfel dacă viteza va crește prin împingerea manșei, va crește și E_c , iar E_p va scădea (deoarece scade înălțimea de zbor).

Dacă, însă planorul intră într-un curent ascendent, el poate câștiga energie potențială, fără a modifica energia cinetică (E_c), dar în acest caz va crește energia totală (E_t).

Pe pilotul planorist îl interesează tocmai această modificare de energie totală, (E_t) datorată curentului ascendent sau descendent.

La mișcările manșei în profunzime VET nu va indica viteza de urcare sau coborâre:

$$W_t = W_v - W$$

unde:

W_t este indicația VET;

W_v este indicația variometrului normal;

W este viteza verticală produsă prin transformarea energiei cinetice în energie potențială și invers.

$$W_v = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{P_h}{d_t} \cdot \frac{1}{P_h} \quad \alpha \cdot P_h = \rho \quad \alpha \cdot P_T = \alpha \cdot P_h = \rho$$

$$W_t = - \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{d P_h}{d_t} \cdot \frac{1}{P_h} + \frac{d v^2}{d_t} \cdot \frac{1}{2 \rho}$$

unde P_h este presiunea statică la înălțimea h .
grupând termenii, vom obține:

$$-\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP_T}{dt} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dP_h}{dt} + \frac{dv^2}{dt} \cdot \frac{1}{2\rho} \quad dP_T - dP_h = \frac{\rho}{2g} \cdot dv^2 = d\rho$$

$$P_T = P_h - \frac{\rho}{2g} \cdot v^2 = P_h - q$$

unde q este presiunea dinamică.

Din relația de mai sus se vede că la variometrul de energie totală, față de variometrul normal trebuie să i se aplice diferența dintre presiunea statică și cea dinamică.

Această soluție se poate obține prin 2 metode:

- prin folosirea unui variometru normal și a tubului Venturi modificat în așa fel că depresiunea din tub să fie proporțională vitezei de înaintare a planorului, adică

$$P_T = P_h - \frac{\rho}{2g} \cdot K$$

unde $K = 1$ și este constanta trompei Venturi.

- prin folosirea unui variometru modificat care se racordează la tubul Pittot. Acest principiu este redat în fig. 6.13.

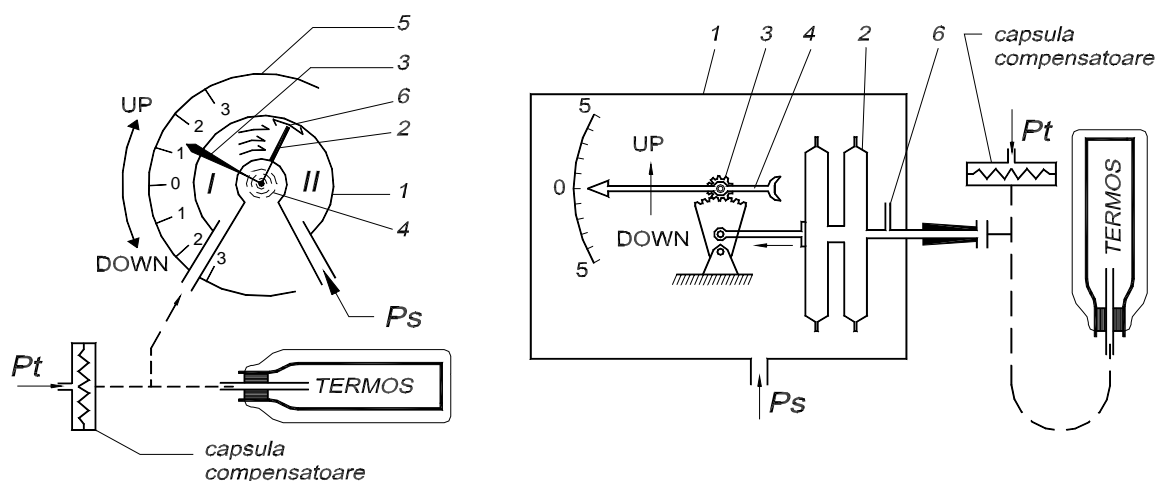


Fig. 6.13. Variometrul de energie totală

După cum se vede, variometrul normal este legat la presiunea statică și la termos. Paralel cu termosul este legat dispozitivul de compensare prevăzut cu membrană elastică. Membrana

este astfel construită ca la variația presiunii totale P_t să-și schimbe volumul cu d_v , mărind presiunea în termos în mod egal cu creșterea presiunii statice d_{ps} .

Astfel, dacă împingem de manșă, planorul coboară, crește P_s , dar în același timp crește și P_t (crește P_d datorită mării vitezei). La creșterea P_t membrana se va deforma și va mări presiunea din termos cu o cantitate egală cu creșterea presiunii statice.

În cazul acționării manșei spre înapoi fenomenele se produc în sens invers. În momentul când planorul urcă în curent ascendent, presiunea statică va scădea, dar presiunea dinamică va rămâne constantă. În felul acesta membrana de compensare nu se va deforma, iar variometrul va indica urcare datorită scăderii presiunii statice.

Această indicație este tocmai valoarea curentului ascendent.

6.7. VET cu priza de depresiune (tub Braunschwich)

În acest caz cuplarea prizei de presiune statică a variometrului normal se va face la o priza de depresiune (tub Braunschwich).

În acest caz, la o creștere suplimentară a vitezei, va rezulta o creștere suplimentară a depresiunii care va fi egală și de sens contrar creșterii de presiune statică, datorată înfundării suplimentare prin picaj.

Pentru obținerea acestui efect, priza trebuie să capteze o presiune egală cu:

$$P_p = P_s - q, \text{ unde:}$$

P_p = presiune captată de priza Braunschwich;

P_s = presiunea statică;

q = depresiune generată de priză.

Funcționarea variometrului:

La acționarea manșei spre înainte va crește viteza, deci va crește q . În același timp, datorită înfundării suplimentare, va crește și P_s . La această priză, creșterea lui P_s este anulată de către suptiunea dinamică q . Acest lucru face ca presiunea de priză P_p să rămână constantă, deci variometrul nu va arăta coborâre. Același fenomen se va întâmpla și la acționarea manșei spre înapoi. În momentul când planorul urcă într-un curent ascendent, P_s va scădea în timp ce q va rămâne constantă. Această scădere a presiunii statice va face ca variometrul să indice urcare. Indicația variometrului va fi direct proporțională cu valoarea curentului ascendent.

Pentru ca priza să funcționeze normal, trebuie să aibă coeficientul -1

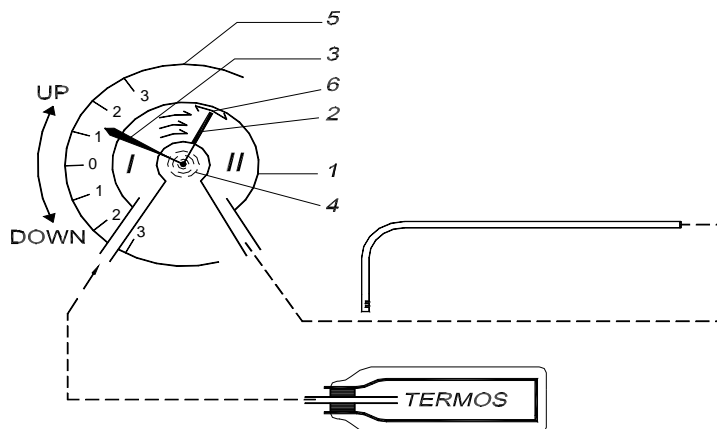


Fig. 6.14. VET cu tub Braunschwich

Chiar dacă priza a fost calibrată la coeficientul **-1**, nu este garantată o funcționare mulțumitoare întrucât depinde și de zona turbionară a locului unde a fost montată.

În fig. 3.5. se poate observa construcția prizei de depresiune (tubul Braunschwich).

Pentru a verifica priza Braunschwich se va cupla un vitezometru de control V_c între presiunea statică și priza în așa fel că stuțul carcasei P_s a vitezometrului să fie cuplat la priză, iar stuțul membranei vitezometrului P_t se cuplează la presiunea statică a planorului. În situația când priza a fost bine calibrată, cele două vitezometre cel de control și vitezometrul planorului, în timpul zborului, vor indica aceeași viteză.

Dacă vitezometrul V_c indică viteză mai mică, depresiunea generată de priză este sub valoarea cerută și invers (vezi fig. 6.15.).

Compensarea prizei în cazul unei erori cunoscute:

Graficul din figură arată traiectoria indicațiilor în caz de compensare înaltă sau joasă.

Astfel, un variometru subcompensat, în timpul creșterii vitezei de la v_1 la v_2 arată o înfundare mai mare decît înfundarea normală, în timp ce la scăderea vitezei de la v_2 la v_1 va arăta greșit în direcția urcării. Supracompensarea duce la erori în mod invers, adică la o creștere a vitezei va arăta o înfundare mai mare decît normală.

Dacă după mai multe încercări în zbor vom constata o compensare greșită, va trebui să modificăm priza. La priza cu fantă dublă se poate înlătura subcompensarea prin scurtarea capătului țevii. La supracompensare, țeava trebuie prelungită (de exemplu cu cositor). În general modificări de sutimi de milimetru sunt suficiente pentru compensarea prizei.

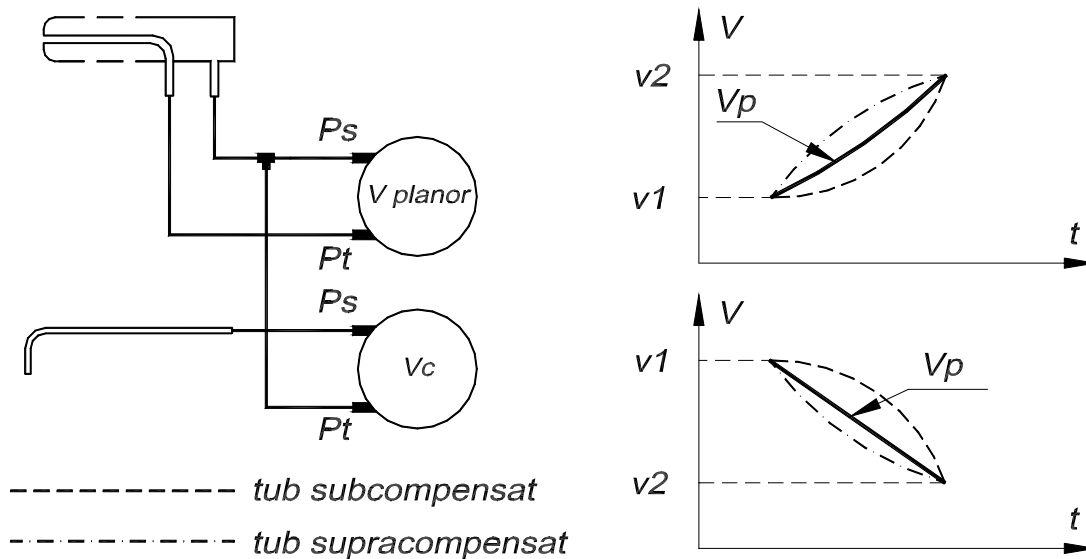


Fig. 6.15. Schema și grafic de verificare a tubului Braunschwich

7. Indicatorul de viraj și glisadă

Indicatorul de viraj și glisadă este compus practic din 2 instrumente:

- indicatorul de viraj și
- indicatorul de glisadă.

7.1. Indicatorul de viraj

Indicatorul de viraj se folosește pentru stabilirea direcției și sensului de rotire a aeronavei față de axa verticală (axa de giratie), cât și a mărimii virajului.

Indicatorul de viraj are ca element principal un giroscop cu două grade de libertate (fig. 7.16.)

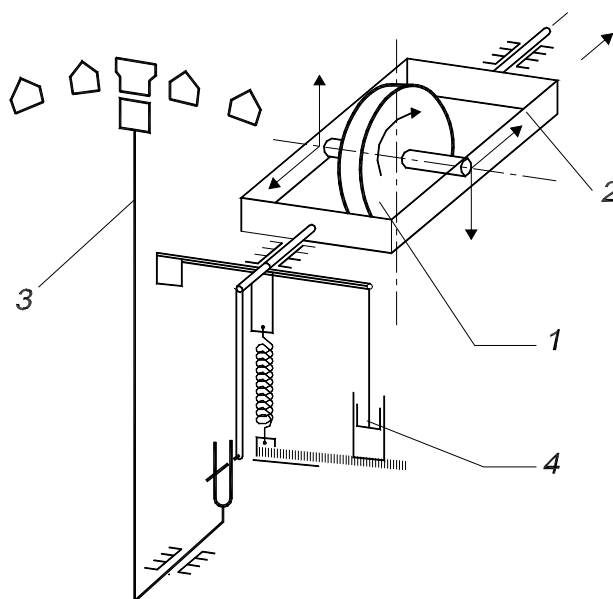


Fig. 7.16. Indicatorul de viraj (giroscopul)

Rotorul giroscopului este acționat de un electromotor de curent continuu [1]. Axul principal al giroscopului și axul cadrului sau [2] sunt dispuse paralel cu axa longitudinală și respectiv transversală a aeronavei. Când aeronava execută un viraj are loc rotirea forțată a giroscopului în jurul axei verticale.

Funcționarea indicatorului de viraj se bazează pe proprietatea giroscopului de a-și păstra planul de rotație. Astfel, când intervine o forță perturbatoare din exterior care tinde să-i schimbe planul de rotație, giroscopul va genera un moment (momentul giroscopic) care va tinde să

suprapună pe drumul cel mai scurt vectorul vitezei de rotație proprie a giroscopului cu vectorul forței perturbatoare. În cazul indicatorului de viraj rolul forței perturbatoare îl are forța centrifugă care apare în momentul executării virajului. Deplasarea cadrului giroscopului se transmite acului indicator [3].

Deoarece unghiul de înclinare a cadrului este o funcție de două variabile: unghiul de înclinare a avionului și viteza de rotire în jurul axei verticale, scala nu poate fi gradată în unități de viteză unghiulară. Din acest motiv instrumentul lucrează ca un indicator al prezenței vitezei unghiulare în jurul axei verticale și al sensului de rotire. Deși nu este făcută o calibrare exactă a aparatului deplasarea unghiulară este proporțională cu accelerația normală apărută în timpul virajului deci implicit cu viteza de rotire.

7.2. Indicatorul de glisadă

Indicatorul de glisadă se montează de regulă, împreună cu indicatorul de viraj, dând astfel posibilitatea, pilotului să aprecieze dacă virajele se execută corect din punct de vedere aerodinamic.

Indicatorul de glisadă reprezintă un fel de pendul, o sferă de metal care culisează într-un tub curbat din sticlă (fig. 6.17.).



Fig. 7.17. Indicatorul de glisadă (clinometrul)

În zbor orizontal, sub acțiunea gravitației, bila va ocupa o poziție între cele 2 repere. În timpul virajului asupra bilei va acționa, în afara forței de greutate și forța centrifugă și din acest motiv bila va ocupa o poziție determinată de direcția rezultantei celor 2 forțe. Dacă virajul este executat corect, bila rămâne în centrul tubului, între repere, indicând lipsa oricărei componente orientate în lungul aripilor (glisadă sau derapaj). Pentru a amortiza oscilațiile bilei, tubul se umple cu un lichid (toluen, petrol).

8. Compasul de aviație

În practica navigației aeriene se deosebesc următoarele categorii de instrumente pentru indicarea direcției de zbor:

- compas magnetic;
- compas giroscopic;
- compas giromagnetic;
- compas giroinductiv.

Deoarece în planorism se utilizează numai compasul magnetic, în continuare va fi descris acesta.

Compasul magnetic (fig. 8.18.) are ca principiu de funcționare proprietatea acului magnetic de a se orienta pe direcția liniilor de forță ale câmpului magnetic terestru. Această

orientare a acului magnetic indică direcția nordului magnetic, iar când este corelat cu utilizarea unei roze gradate oferă posibilitatea menținerii deplasării pe o direcție constantă.

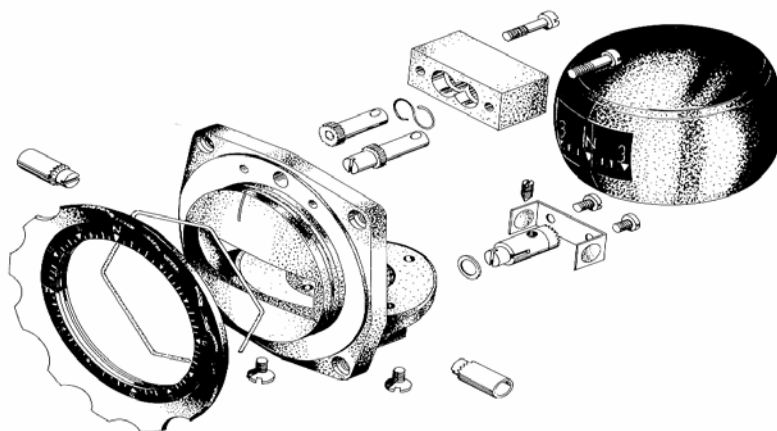


Fig. 8.18. Compasul magnetic

Părțile componente ale unui compas magnetic sunt:

- echipamentul magnetic format din una sau mai multe perechi de ace magnetice [1];
- scala [2];
- plutitorul [3], toate acestea fiind închise într-o
- carcasă umplută cu
- lichid (de amortizare) [5];
- indicele de control [6];
- dispozitivul de compensare [7].

Datorită variațiilor de temperatură, în compunerea compasului de aviație mai există și o carcasă de compensare formată din una sau mai multe capsule elastice în care intră lichidul când se dilată.

Compasul magnetic va avea anumite erori în indicație datorate faptului că pe glob întâlnim o înclinație și o declinație magnetică variabile. Totodată vom mai avea erori și datorită antrenării acelor magnetice și a rozei gradate în timpul virajelor. Astfel, lichidul se rotește în sensul virajului datorită inerției și frecării de pereți. Când virajul încetează, lichidul își continuă rotirea din cauza inerției și antrenează și acul magnetic câteva grade mai mult față de direcția spre care s-a orientat axa aeronavei.

Pentru a reține mai ușor erorile se recomandă metoda de memorare prezentată în tabelul următor.

Metoda de memorare a erorilor comasului magnetic:

DIRECȚIA DE DEPLASARE	MIȘCAREA	INDICAȚIA ROZEI	INIȚIALELE DE MEMORAT
spre sud	viraj stânga	scade	S S S
spre sud	viraj dreapta	crește	S D C
spre nord	viraj stânga	crește	N S C
spre nord	viraj dreapta	scade	N D S
spre est	cabraj	crește	E C C
spre est	picaș	scade	E P S
spre vest	cabraj	scade	W C S
spre vest	picaș	crește	W C C

Compasul magnetic suferă influența maselor metalice de la bord. Din acest motiv nu va putea indica nordul magnetic ci o altă direcție, **Nordul Compas**. Aceste deviații ale compasului se vor micșora prin operația de compensare. După ce se efectuează această operație de compensare se întocmește un grafic (fig. 8.19.) care se afișează la bordul aeronavei:

La calculele de navigație se ține cont și de acest tabel din care se determină deviația compasului D_c .

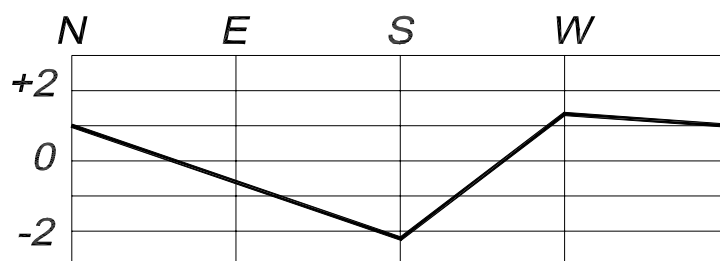


Fig. 8.19. Grafic compensare busola

9. Barograful

Barograful este aparatul care instalat la bordul planorului înregistrează înălțimea la care se execută zborul pe o durată de timp prestabilită.

Barograful funcționează ca și altimetrul, pe baza deformațiilor unei (sau mai multor) capsule aneroide în funcție de presiunea statică (presiunea corespunzătoare înălțimii la care se

zboară). Față de altimetru, care indică doar înălțimea instantanee, barograful va înregistra pe un tambur înălțimea la care se zboară în funcție de timp

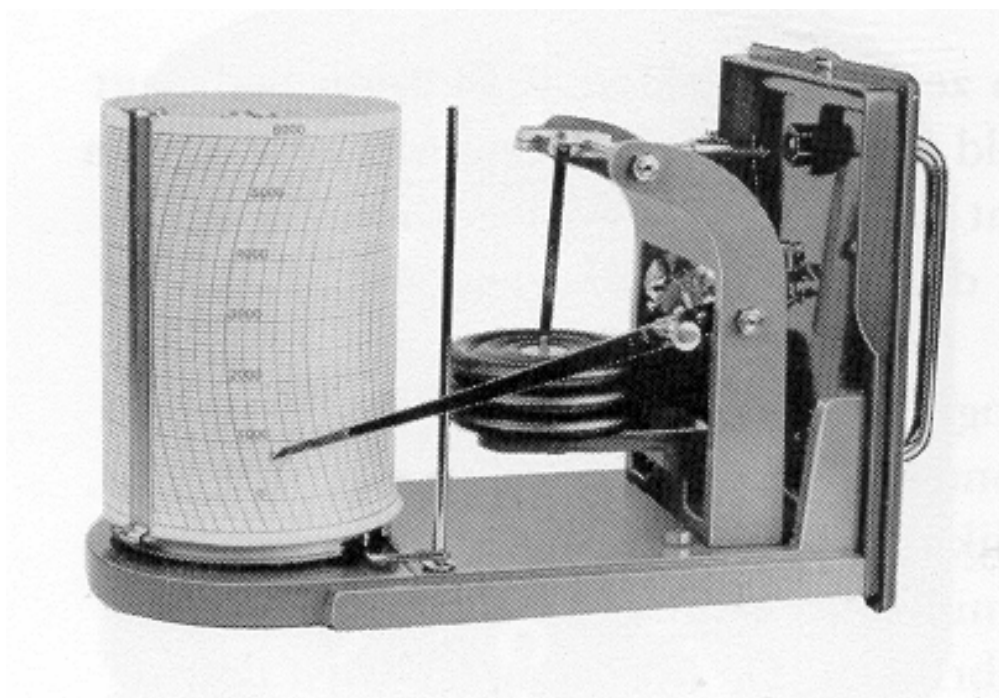


Fig. 9.20. Barograful

Barograful este alcătuit din:

- placa de bază;
- capac;
- capsula pentru presiunea statică;
- capsula aneroidă;
- cilindru;
- sistem de ceasornic sau motorăș electric;
- ac înregistrator;
- sistem de pârghii;
- racord pentru presiunea statică;
- pârghie pentru schimbarea timpului de rotire;
- arc pentru fixarea capacului pe placa de bază (carcasă).

Înregistrarea se poate face pe suport de fum prin zgâriere, sau pe hârtie cu cerneală care conține glicerină. Cerneala cu glicerină nu se usucă pe peniță în timpul funcționării. Durata de rotire a tamburului poate fi stabilită de pilot la 12, 10, 4 sau 2 ore, iar înălțimea până la care se poate înregistra urcarea depinde de tipul barografului și este precizată pe carcasa acestuia. Barograma înregistrată se va interpreta după zbor studiindu-se următoarele elemente de zbor:

- exploatarea termicii;
- executarea saltului d.p.d.v. al duratei, vitezei și înălțimii inferioare;
- executarea ultimului salt, etc.

Totodată barogramele înregistrate constituie dovada câștigurilor de înălțime necesare obținerii insignelor și omologărilor recordurilor.

10. Schema de legătură a instrumentelor de bord

Instrumentele de bord, în funcție de sursa de alimentare, se vor racorda la:

- tubul Pittot: vitezometru, variometru, altimetru, VET.
- sursa de curent continuu: giroclinometru, stație radio.

Giroclinometrul (indicatorul de viraj și glisadă) se va alimenta de la 2 baterii de 4.5 V. C.C., iar stația radio de la acumulator de 12 V. C.C.

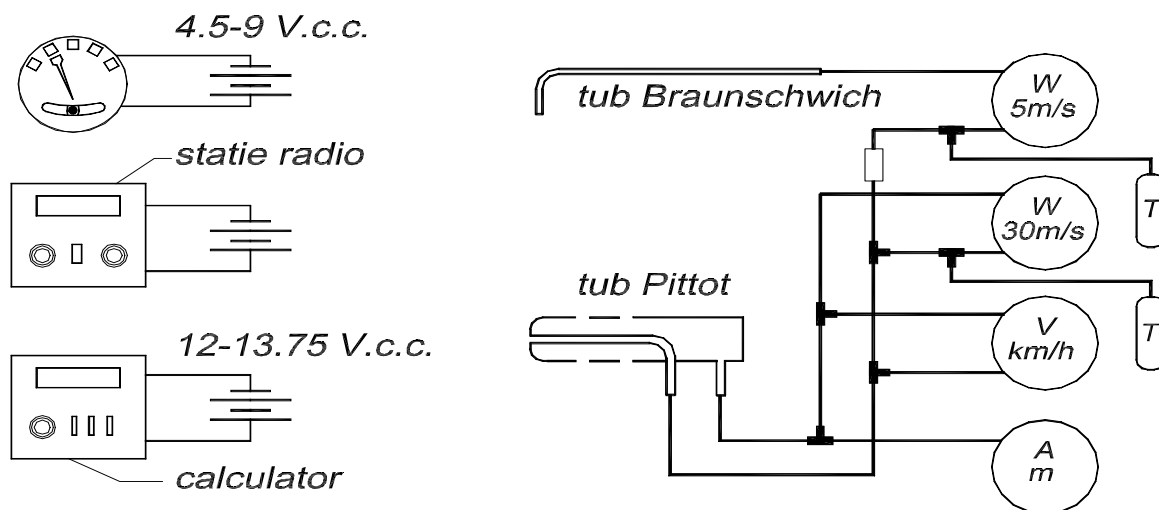


Fig. 10.21. Schema de legătură a instrumentelor de bord