AUTONOMIA DE SBOR A UNUI AVIO

de ION CÂRSTOIU
Inginer E.N.S.A.-Paris,
Asistent la Politecnica — București

1. Autonomia de sbor a unui avion se măsoară, în general, prin raza de acțiune, adică prin distanța pe care avionul o poate parcurge (în absența oricărui vânt) fără escală.

Mai corect ar fi ca autonomia de sbor să fie măsurată prin timpul maximum de menținere al avionului în aer.

In orice caz, autonomia unui avion este funcție de consumația de combustibil și lubrifiant a grupului motopropulsor.

După cum se raportează această consumație la distanța parcursă sau la timpul de sbor avem, corespunzătoare valorilor minime acestor rapoarte, regimurile optime de sbor de distanță ($\mathfrak{R}_s$), respectiv sbor de durată ($\mathfrak{R}_t$).

Obiectul studiului de față este tocmai comparația cantitativă a regimurilor ($\mathfrak{R}_s$) și ($\mathfrak{R}_t$).

Această lucrare este continuarea pentru sborul cu motor, a studiului nostru anterior asupra sborului planat [1]).

2. Cantitatea dC de combustibil și lubrifiant consumată în timpul dt este

$$dC = cWdt \tag{1}$$

W fiind puterea efectivă a motorului (exprimată în $kg\ m/sec$), iar c consumația specifică a acestuia (consumația sa în combustibil și lubrifiant pe unitatea de putere efectivă și în unitatea de timp; unități: *kg*, *metrul*, *secunda*).

In sborul la regimul de autonomie, panta traiectoriei este neglijabilă și ecuațiile de sbor sunt practic, la fiecare moment cele de sbor orizontal.

$$\varrho/2\, V^2 S c_x = T \tag{2}$$

$$\varrho/2\, V^2 S c_z = G \tag{3}$$

[1]) *Coborîrea planată a unui avion*, Buletinul Societății Politecnice din România, anul LVIII, Nr. 3—4, 1944, p. 174.

V fiind vitesa, S și G suprafața aripei respectiv greutatea instantanee [1]) a avionului, T tracțiunea elicei, ϱ densitatea aerului la înălțimea de sbor și în sfârșit c_x și c_z coeficienții unitari de rezistență și portanță ai avionului, funcțiuni numai de incidența i a aripei (unghiul dintre vitesă și axa de portanță nulă), dacă neglijăm interacția elice-planor. Acești coeficienți sunt definiți, cum se știe

$$c_x = \frac{R_x}{\varrho/2\, V^2 S} \quad , \quad c_z = \frac{R_z}{\varrho/2\, V^2 S}$$

R_x și R_z fiind componentele rezistenței $\overline{R}$ după direcția vitesei (orizontală) și perpendiculară la aceasta.

Ecuația (2) se mai poate scrie

$$\varrho/2\, V^3 S c_x = TV = \eta W \tag{4}$$

η însemnând randamentul elicei.

Din (3) și (4) se deduce

$$W = \frac{1}{\eta}\frac{c_x}{c_z} GV \tag{5}$$

și ecuația (1) devine

$$dC = \sigma G V dt \tag{6}$$

unde am notat

$$\sigma = \frac{1}{\eta} c \frac{c_x}{c_z} \tag{7}$$

σ este ceea ce d-l *Maurice Roy* numește consumația specifică a avionului [2]).

Noi îl vom numi *consumația specifică de distanță a avionului.*

Dacă ținem seama de valoarea lui V scoasă din (3), ecuația (6) se mai poate scrie

$$dC = \tau G dt \tag{8}$$

unde am notat

$$\tau = \sigma V = \frac{1}{\eta} c \frac{c_x}{c_z^{3/2}} \sqrt{\frac{2G}{\varrho S}}. \tag{9}$$

τ va fi numit *consumația specifică de durată a avionului.*

---

[1]) G este greutatea avionului la momentul t, adică greutatea sa la decolare mai puțin cantitatea de combustibil și lubrifiant consumată după timpul t: $G = G_0 - C = G_0\left(1 - \frac{C}{G_0}\right)$. Raportul $\frac{G_0}{C}$ poate fi eventual important și se ține seamă de mărimea lui în special, când se calculează durata de sbor sau raza de acțiune a avionului.

[2]) *Leçons sur la Mécanique de l'Aviation* (2-ème volume), 1937 (cursurile Școalei Naționale Superioare de Aeronautică din Paris), p. 94.

In sbor fără vânt, distanța dL parcursă în timpul dt este $dL = Vdt$, așa încât consumația pe unitatea de distanță are ca expresie

$$\frac{dC}{dL} = cG \tag{10}$$

Pe de altă parte, consumația în unitatea de timp se deduce din (8) și are valoarea

$$\frac{dC}{dt} = \imath G. \tag{11}$$

Din formulele (10) și (11) se deduce că pentru o adaptare ideală a elicei și a motorului, *regimul optimum de distanță* ($\mathcal{R}_s$) *corespunde fineței optime, pe când regimul optimum de durată* ($\mathcal{R}_t$) *corespunde minimului raportului* $\frac{c_x}{c_z^{3/2}}$.

3. Pentru a preciza analitic caracteristicele acestor regimuri, vom asimila polara avionului (curba $c_z = f(c_x)$) în regiunea unde raționăm, cu un arc de parabolă, ceea ce este permis, în general, pentru avioanele fine și bine carenate.

Vom avea atunci

$$c_x = c_{x_0} + \frac{c_z^2}{\pi\lambda}. \tag{12}$$

In constanta c_{x_0} [1]) care reprezintă minimul lui c_x, obținut la portanța nulă, intervin rezistența de «profil» a aripei și rezistențele pasive (corpul ampenajelor, etc.) λ este alungirea aerodinamică a aripei $\lambda = b^2/S$ (b, anvergura).

Luând ca punct de plecare ecuația (12), studiul regimurilor ($\mathcal{R}_s$) și ($\mathcal{R}_t$) se face cu ușurință.

4. *Regimul optimum de distanță* ($\mathcal{R}_s$). Este caracterizat prin $\frac{c_x}{c_z}$ minimum. Din ecuația (12) se deduce

$$\frac{c_x}{c_z} = \frac{c_{x_0}}{c_z} + \frac{c_z}{\pi\lambda}$$

care este minimum atunci când cei doi factori din membrul doi sunt egali (produsul acestora fiind constant). Se obține

$$c_{x_s} = 2c_{x_0} \tag{13}$$

$$c_{z_s} = \sqrt{\pi\lambda c_{x_0}} = 1{,}772\sqrt{\pi c_{x_0}} \tag{14}$$

$$\frac{c_{x_s}}{c_{z_s}} = \frac{1}{f} = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} = 1{,}128\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}}. \tag{15}$$

---

[1]) Practic c_{x_0} variază cu incidența, însă această variație este neglijabilă în domeniul care ne interesează.

Fie M un punct pe polară. Unghiul θ pe care raza vectoare a punctului M îl face cu axa c_z este dat de formula

$$tg\theta = \frac{c_x}{c_z} = \frac{T}{G}. \tag{16}$$

Urmează că tracțiunea T a elicei se obține pentru fiecare portanță (sau incidență), amplificând cu G tangenta unghiului θ.

In sborul planat $tg\theta$ reprezintă panta de coborîre a avionului [1].

Revenind la formula (15), se vede că punctul M_s corespunzător fineței optime se determină prin contactul tangentei dusă din origină, la polară.

Tracțiunea corespunzătoare, care este *minimum*, are valoarea

$$T_s = T_{min.} = \frac{G}{f} = G\frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} = 1{,}128\, G\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}}. \tag{17}$$

Unghiul de incidență i_s al aripei (unghiul dintre vitesă și axa de portanță nulă) la acest regim, se deduce cu formula

$$i = c_z\left(\frac{1}{5{,}53} + \frac{1}{\pi\lambda}\right)$$

(i, fiind socotit în radiani). Se obține astfel

$$i_s = \sqrt{c_{x_0}}\left(\frac{\sqrt{\pi\lambda}}{5{,}53} + \frac{1}{\sqrt{\pi\lambda}}\right) = \sqrt{c_{x_0}}\left(0{,}32\sqrt{\lambda} + \frac{0{,}564}{\sqrt{\lambda}}\right) \tag{18}$$

sau în grade

$$i_s^o = 57{,}3\sqrt{c_{x_0}}\left(\frac{\sqrt{\pi\lambda}}{5{,}53} + \frac{1}{\sqrt{\pi\lambda}}\right) = \sqrt{c_{x_0}}\left(18{,}36\sqrt{\lambda} + \frac{32{,}33}{\sqrt{\lambda}}\right). \tag{19}$$

Vitesa V_s se deduce din (3) și are valoarea

$$V_s = \sqrt{\frac{2G}{\varrho_0 \delta S}}\frac{1}{(\pi\lambda c_{x_0})^{1/4}} = \frac{3}{\sqrt{\delta}}\sqrt{\frac{G}{S}}\frac{1}{(\lambda c_{x_0})^{1/4}} \tag{20}$$

unde am notat cu $\delta = \frac{\varrho}{\varrho_0}$ densitatea relativă a aerului la înălțimea de sbor. Observăm că V_s este identică cu vitesa pe traiectorie la același regim, a avionului în coborîre planată [2]. Această observație este valabilă de altfel pentru orice portanță (incidență).

---

[1]) Este interesant a se cunoaște ce reprezintă pentru sborul orizontal (cu motor) expresia $w = V\sin\theta$, care cum se știe, în sborul planat, reprezintă viteza descensională. Se găsește ușor că pentru sborul orizontal $w = \frac{VT}{R} = \frac{\eta W}{R}$ unde $R = \sqrt{k_x^2 + k_z^2}$; w are dimensiunea unei vitese.

[2]) *I. Cârstoiu*, loc. cit. (1). In mod riguros c_{x0} din formula (20) diferă de c_{s0} din coborîrea planată, acest ultim coeficient înglobând și frânarea elicei, cantitate de altfel foarte, mică.

Puterea motorului W_s este

$$W_s = \frac{1}{\eta} T_s V_s = \frac{1}{\eta} G \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} \sqrt{\frac{2G}{\varrho_0 \delta S}} \frac{1}{(\pi \lambda c_{x_0})^{1/4}} \tag{21}$$

$$= \frac{3{,}39}{\sqrt{\delta}} \frac{1}{\eta} G \sqrt{\frac{G}{S}} \frac{1}{\lambda^{3/4}} c_{x_0}^{1/4}.$$

In ceea ce privește factorii σ și τ definiți de formulele (7) și (9) vom avea

$$\sigma_s = \sigma_{min.} = \frac{1}{\eta} c \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} = 1{,}128 \frac{1}{\eta} c \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} \tag{22}$$

$$\tau_s = \sigma_{min.} V_s = \frac{1}{\eta} c \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} \sqrt{\frac{2G}{\varrho_0 \delta S}} \frac{1}{(\pi \lambda c_{x_0})^{1/4}} \tag{23}$$

$$= \frac{3{,}39}{\sqrt{\delta}} \frac{1}{\eta} c \sqrt{\frac{G}{S}} \frac{1}{\lambda^{3/4}} c_{x_0}^{1/4}$$

și amplificând cu G, vom avea

$$\left(\frac{dC}{dL}\right)_{min.} = 1{,}128 \frac{1}{\eta} c G \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} \tag{24}$$

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_s = \frac{3{,}39}{\sqrt{\delta}} \frac{1}{\eta} c G \sqrt{\frac{G}{S}} \frac{1}{\lambda^{3/4}} c_{x_0}^{1/4}. \tag{25}$$

Să găsim durata t_s de sbor. Pentru aceasta vom integra ecuația între o și t, observând că $G = G_0 - C$, G_0 fiind greutatea totală a avionului la plecare și C cantitatea de combustibil și lubrifiant consumată după timpul t. Vom avea

$$t = \frac{1}{c} \eta \sqrt{\frac{\varrho_0}{2} \delta S} \frac{1}{\frac{c_{x_0}}{c_z^{3/2}}} \int_o^C \frac{dC}{(G_0 - C)}$$

adică

$$t = \frac{2c}{1} \eta \sqrt{\delta S} \frac{1}{\frac{c_x}{c_z^{3/2}}} \left(\frac{1}{\sqrt{G_0 - C}} - \frac{1}{\sqrt{G_0}}\right). \tag{26}$$

Formula (26) care dă în general (pentru orice incidență) durata de sbor a unui avion având la bord la plecare cantitatea C de com-

°) A se vedea *I. Cârstoiu*, loc. cit. (1), p. 178.

bustibil și lubrifiant, devine pentru sborul considerat

$$(27) \qquad t_s = 0{,}589 \cdot \frac{1}{c} \eta \sqrt{\delta S}\, \lambda^{3/4} \left(\frac{1}{\sqrt{G_0 - C}} - \frac{1}{\sqrt{G_0}} \right) \frac{1}{c_{x_0}^{1/4}} \cdot$$

Formula (27) se poate desvolta în serie și dacă presupunând $\frac{C}{G_0}$ mic, ne limităm la primul termen, vom avea

$$(28) \qquad t_s \cong 0{,}295 \frac{1}{c} \eta \sqrt{\delta} \frac{\lambda^{3/4}}{\sqrt{\frac{G_0}{S}}} \frac{C}{G_0} \frac{1}{c_{x_0}^{1/4}} \cdot$$

Mai rămâne pentru a determina complet regimul ($\mathcal{R}_s$) să calculăm raza de acțiune L_s, care după cum am arătat este *maximum*. Integrând ecuația (10) între 0 și L, se găsește

$$(29) \qquad L = \frac{1}{\sigma} \int_0^C \frac{dC}{G_0 - C} = \frac{1}{\sigma} \operatorname{Log} \frac{G_0}{G_0 - C} \cdot$$

Deci

$$(30) \qquad L_s = L_{max.} = \frac{1}{c_{min.}} \operatorname{Log} \frac{G_0}{G_0 - C}$$

$$= 0{,}886 \frac{1}{c} \eta \sqrt{\lambda} \operatorname{Log} \frac{G_0}{G_0 - C} \cdot \frac{1}{\sqrt{c_{x_0}}} \cdot$$

Desvoltând în serie *Log*. și presupunând $\frac{G_0}{C}$ mic, avem formula apropiată

$$(31) \qquad L_{max.} \cong 0{,}886 \frac{1}{c} \eta \sqrt{\lambda} \frac{C}{G_0} \frac{1}{\sqrt{c_{x_0}}} \cdot$$

In studiul regimului ($\mathcal{R}_s$) am luat ca parametru constanta c_{x_0}, în funcție de care am exprimat toate mărimile geometrice, cinematice și mecanice privind acest regim. Am fi putut alege ca parametru finețea optimă, f. Relația simplă care leagă acești doi parametri $c_{x_0} = \pi\lambda/4f$, permite imediat exprimarea mărimilor de mai sus, în funcție de f. Nu insistăm însă asupra acestui calcul.

5. *Regimul optimum de durată* ($\mathcal{R}_t$). Este caracterizat prin $\frac{c_x}{c_z^{3/2}}$ minimum; deci

$$\frac{d}{dc_z} \left(\frac{c_x}{c_z^{3/2}} \right) = 0.$$

Ținând seamă de ecuația (12), se obține

$$c_{x_t} = 4c_{x_0} \tag{32}$$

$$c_{z_t} = \sqrt{3\pi\lambda c_{x_0}} = 3{,}07\sqrt{\lambda c_{x_0}} \,. \tag{33}$$

Punctul M_t pe polară corespunzător acestui regim, se găsește totdeauna situat deasupra punctului M_s.

Se deduce imediat că tracțiunea T_t este

$$T_t = G\,\frac{c_{x_t}}{c_{z_t}} = G\,\frac{4}{\sqrt{3\pi}}\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} = 1{,}303\,G\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} \,. \tag{34}$$

Unghiul de incidență i_t al aripei este dat de formula

$$i_t = \sqrt{3c_{x_0}}\left(\frac{\sqrt{\pi\lambda}}{5{,}53} + \frac{1}{\sqrt{\pi\lambda}}\right) = \sqrt{c_{x_0}}\left(0{,}55\sqrt{\lambda} + \frac{0{,}98}{\sqrt{\lambda}}\right). \tag{35}$$

sau în grade

$$i_t^\circ = 57{,}3\sqrt{3c_{x_0}}\left(\frac{\sqrt{\pi\lambda}}{5{,}53} + \frac{1}{\sqrt{\pi\lambda}}\right) = \sqrt{c_{x_0}}\left(31{,}81\sqrt{\lambda} + \frac{55{,}9}{\sqrt{\lambda}}\right). \tag{36}$$

Vitesa V_t are valoarea

$$V_t = \sqrt{\frac{2G}{\varrho_0\delta S}\,\frac{1}{(3\pi\lambda c_{x_0})^{1/4}}} = \frac{2{,}283}{\sqrt{\delta}}\sqrt{\frac{G}{S}\,\frac{1}{(\lambda c_{x_0})^{1/4}}} \,. \tag{37}$$

Puterea motorului $W_t = W_{min.}$ [1]) este dată de formula

$$W_{min.} = \frac{1}{\eta}\,T_t V_t = \frac{1}{\eta}\,G\,\frac{4}{\sqrt{3\pi}}\sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}}\sqrt{\frac{2G}{\varrho_0\delta S}\,\frac{1}{(3\pi\lambda c_{x_0})^{1/4}}} \tag{38}$$

$$= \frac{2{,}974}{\sqrt{\delta}}\,G\sqrt{\frac{G}{S}}\,\frac{1}{\lambda^{3/4}}\,c_{x_0}^{1/4} \,.$$

---

[1]) Scriind în general

$$W = \frac{1}{\eta}\,TV = \frac{1}{\eta}\,G\sqrt{\frac{G}{\varrho_0\delta S}}\cdot\frac{c_x}{c_z^{3/2}}$$

se vede imediat că pentru $\frac{c_x}{c_z^{3/2}}$ minimum avem W_{min}.

Factorii σ și τ au valorile

$$(39) \qquad \sigma_t = \frac{1}{\eta}\, c\, \frac{4}{\sqrt{3\pi}} \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} = 1{,}303\, \frac{1}{\eta}\, c \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}}$$

$$40) \qquad \tau_t = \tau_{min.} = \sigma_t V_t = \frac{1}{\eta}\, c\, \frac{4}{\sqrt{3\pi}} \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}} \sqrt{\frac{2\,G}{\varrho_0 \delta S}}\, \frac{1}{(3\pi\,\lambda\, c_{x_0})^{1/4}}$$

$$= \frac{2{,}974}{\sqrt{\delta}}\, \frac{1}{\eta}\, c \sqrt{\frac{G}{S}}\, c_{x_0}^{1/4}$$

când cu G obținem

$$(41) \qquad \left(\frac{dC}{dL}\right)_t = 1{,}303\, \frac{1}{\eta}\, c\, G \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}}$$

$$(42) \qquad \left(\frac{dC}{dt}\right)_{min.} = \frac{2{,}974}{\sqrt{\delta}}\, \frac{1}{\eta}\, c\, G \sqrt{\frac{G}{S}}\, \frac{1}{\lambda^{3/4}}\, c_{x_0}^{1/4}.$$

Durata de sbor va fi

$$(43) \qquad t_{max.} = 0{,}672\, \frac{1}{c}\, \eta \sqrt{\delta\, S}\, \lambda^{3/4} \left(\frac{1}{\sqrt{G_0 - C}} - \frac{1}{\sqrt{G_0}}\right) \frac{1}{c_{x_0}^{1/4}}$$

sau cu formula apropiată

$$(44) \qquad t_{max.} \cong 0{,}336\, \frac{1}{c}\, \eta \sqrt{\delta}\, \frac{\lambda^{3/4}}{\sqrt{\frac{G_0}{S}}}\, \frac{C}{G_0}\, \frac{1}{c_{x_0}^{1/4}}.$$

In sfârșit distanța parcursă L_t este dată de formula

$$(45) \qquad L_t = \frac{1}{\sigma_t} \operatorname{Log} \frac{G_0}{G_0 - C} = 0{,}767\, \frac{1}{c}\, \eta \sqrt{\lambda} \operatorname{Log} \frac{G_0}{G_0 - C} \cdot \frac{1}{\sqrt{c_{x_0}}}$$

sau aproximativ

$$(46) \qquad L_t \cong 0{,}767\, \frac{1}{c}\, \eta \sqrt{\lambda}\, \frac{C}{G_0}\, \frac{1}{\sqrt{c_{x_0}}}.$$

In studiul regimului ($\mathfrak{R}_t$) am luat ca parametru fundamental tot constanta c_{x_0}. Am fi putut lua parametrul f sau încă parametrul $u = \left(\frac{c_x}{c_z^{3/2}}\right)_{min.} = 1{,}303 \sqrt{\frac{c_{x_0}}{\lambda}}$. De sigur această alegere se va face având în vedere scopul urmărit. Noi am căutat pe de o parte să punem în evidență importanța primordială a lui c_{x_0}, pe de altă parte, eliminarea acestui parametru între mărimile corespunzătoare, ne va permite comparația regimurilor ($\mathfrak{R}_s$) și ($\mathfrak{R}_t$).

6. *Studiul comparativ al regimurilor* $(\mathcal{R}_s)$ și $(\mathcal{R}_t)$. Comparând formulele (13), (14) și (18) cu (37), (38) și (40) avem

$$c_{x_t} = 2\, c_{x_s} \tag{47}$$

$$c_{xt} = \sqrt{3}\, c_{z_s} = 1{,}73\, c_{z_s} \tag{48}$$

$$i_t = \sqrt{3}\, i_s = 1{,}73\, i_s \tag{49}$$

Avem apoi

$$T_t = \frac{2}{\sqrt{3}}\, T_{min.} = 1{,}155\, T_{min.} \tag{50}$$

$$V_t = \frac{1}{3^{1/4}}\, V_s = 0{,}76\, V_s \tag{51}$$

$$W_{min.} = \frac{2}{3^{3/4}}\, W_s = 0{,}877\, W_s \tag{52}$$

$$\left(\frac{dC}{dL}\right)_t = \frac{2}{\sqrt{3}} \left(\frac{dC}{dL}\right)_{min.} = 1{,}155 \left(\frac{dC}{dL}\right)_{min.} \tag{53}$$

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_{min.} = \frac{2}{3^{3/4}} \left(\frac{dC}{dt}\right)_s = 0{,}877 \left(\frac{dC}{dt}\right)_s \tag{54}$$

$$t_{max.} = \frac{3^{3/4}}{2}\, t_s = 1{,}14\, t_s \tag{55}$$

și în sfârșit

$$L_t = \frac{\sqrt{3}}{2}\, L_{max.} = 0{,}866\, L_{max.} \tag{56}$$

7. Formula (51) arată că regimul $(\mathcal{R}_t)$ este *mai lent* ca regimul $(\mathcal{R}_s)$. Cu un consum pe unitatea de distanță mai mare (formula 53) și cu o rază de acțiune mai mică (formula (56)), regimul (R_t) prezintă performanțe de durată fără prea mare importanță pentru progresul aviației.

Amintim că regimurile ideale de distanță și durată în sborul cu motor, coincid cu regimurile corespunzătoare de pantă minimă și vitesă descensională minimă în coborârea planată, care corespund deasemenea celui mai lung parcurs și celei mai mari durate de coborâre.

Rolul tracțiunii elicei în sborul de autonomie (și în general în sborul orizontal) îl joacă, cum am observat deja, panta de coborîre în sborul planat. Formula (50) precizează că raportul tracțiunilor în regimurile $(\mathcal{R}_t)$ și $(\mathcal{R}_s)$ are aceeași valoare ca raportul pantelor corespunzătoare acestor regimuri în coborîrea planată [1]). Este interesant de observat că aceeaşi valoare o are şi raportul $\left(\frac{dC}{dL}\right)_t : \left(\frac{dC}{dL}\right)_{min.}$

Formula (51) arată că raportul vitezelor (orizontale) V_t şi V_s este identic cu acel al vitezelor pe traiectorie, la regimurile corespunzătoare, în sborul planat [2]). Ceeace era de aşteptat, vitesa în sbor orizontal fiind identică, pentru orice portanţă, cu vitesa pe traiectorie în sbor planat [3]).

Formulele (52) şi (54) arată că raportul puterilor $\frac{W_{min.}}{W_s}$, identic cu $\left(\frac{dC}{dt}\right)_{min.} : \left(\frac{dC}{dt}\right)_s$ are aceeaşi valoare ca raportul vitezelor descensionale, minimă şi acea corespunzătoare pantei minime, în coborîre planată [4]).

In sfârşit, în sborul planat avem la regimurile corespunzătoare şi presupunând coborîrea dela aceeaşi înălţime

$$\left(\frac{t_{max.}}{t_s}\right)_{sbor\ planat} = \frac{w_s}{w_{min.}} = 1{,}14$$

(w, vitesa descensională); în ceea ce priveşte distanţele D_t şi $D_{max.}$ parcurse orizontal în coborârea planată, avem

$$\frac{D_t}{D_{max.}} = \frac{(tg\,\theta)_{min.}}{(tg\,\theta)_t} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0{,}866$$

($tg\,\theta$, panta de coborîre); formule [5]) identice cu (55) şi (56).

---

[1]) *A. Toussaint*, Aérodynamique et Mécanique du planeur (Actualités scientifiques et industrielles, 528, Hermann, Paris, 1937), p. 15; *I. Cârstoiu*, loc. cit. (1), p. 180.

[2]) *A. Toussaint*, ibid., p. 15; *I. Cârstoiu*, ibid.

[3]) Aceeaşi observaţie semnalată la loc. (5). In raportul vitezelor V, în sbor orizontal sau coborîre planată, C_{x_0} dispare.

[4]) *A. Toussaint*, ibid., p. 16; *I. Cârstoiu*, ibid.

[5]) Aceste formule n'au fost stabilite în studiul nostru citat. Ele completează astfel formulele dela paragraful 7 din acel studiu.