PRIVIRI TEORETICE

ASUPRA

CERCETARILOR NOI ALE HELICEI AERIENE

DE

C. VĂIDEANU

Inginer în Serviciul atelierelor şi tracţiunei C. F. R.

Observatorul aeronautic din Lindenberg (Prusia) este înzestrat cu un laborator mecanic, în care să fac experienţe asupra helicelor, a căror rezultate sunt publicate de către conducătorul acestui laborator Dr. Ing. *F. Bendemann*.

Ne propunem a expune aci pe scurt o parte din vederile teoretice de cari dînsul se serveşte în analiza experienţelor sale.

Să tratăm de o cam dată chestiunea însemnată a coeficientului aerodinamic, care caracterizează gradul de perfecţiune a helicei adică a raportului între puterea axială de înaintare, ideală şi cea atinsă în realitate.

Dacă însemnăm prin P puterea axială de înaintare, ideală şi prin P′ puterea axială realizată acest coeficient va fi:

$$\eta = \frac{P}{P'}.$$

Intr'u cît acest raport are o însemnătate deosebită în aprecierea unui tip de helice, vom vedea din concluziile celor expuse mai la vale.

Fiindcă o helice este un compromis a două avantaje deosebite, antagoniste, o apreciare a gradului ei de perfecţiune nu este cu putinţă.

Căci întîiu o helice trebue să întrebuinţeze în cel mai desăvîrşit chip efectul mişcărei [1]) adică să aibă o putere axială de înaintare maximă socotită pe cal putere, şi al doilea, să nu fie prea mare sau prea grea adică să întrebuinţeze cît se poate mai bine suprafaţa ei, ceace înseamnă ca puterea axială de înaintare socotită pe unitate de suprafaţă să nu fie prea mică.

1) Productul dintre momentul de învîrtire şi iuţeală unghiulară.

La toate helicele însă utilizarea efectului mişcărei scade cu mărirea utilizărei suprafeţei şi vice-versa.

Să vedem cari pot fi mărimele caracteristice, pentru apreciarea utilizărei efectului mişcărei şi a utilizărei suprafeţei.

Inaintarea axială a unei helice (P) şi efectul mişcărei (E) cresc în chip diferit proporţional cu numărul învîrtiturilor; efectul mişcărei cu numărul învîrtiturilor ridicat la o potenţă mai mare cu 1 decît înaintarea axială.

Raportul $\frac{P}{E}$, care reprezintă utilizarea efectului mişcărei pentru una şi aceiaşi helice are diferite valori şi nu poate caracteriza într'u nimic această utilizare.

Putem să găsim o unitate de măsură, descompunînd pe E în factorii săi: moment de învîrtire (M) şi iuţeala unghiulară (ω).

Atunci avem:

$$\frac{P}{E} = \frac{P}{M \times \omega}.$$

P şi M. sunt în legătură prin acea că ele conţin puterea rezultantă a rezistenţei aerului, descompusă în componentele axiale şi tangenţiale.

Puterile aerodinamice însă nu'şi schimbă direcţia şi poziţia, cînd iuţeala creşte, adică sistemul aerodinamic la iuţeli diferite rămîne geometric asemenea.

De aci urmează că raportul $\frac{P}{M}$ pentru aceiaşi helice la diferite iuţeli rămîne acelaş.

Dacă ne închipuim o helice construită geometric asemenea în o altă scară putem face ipoteza după cum şi experienţa ne dovedeşte că o aceiaşi helice în dimensiuni diferite produce sisteme de curente geometric asemene.

Raportul $\frac{P}{M}$ are dimensiunea $\frac{1}{\text{Lungime}}$, prin urmare diferitele valori ale acestui raport pentru sisteme asemenea sunt invers proporţionale cu lungimile.

Alegînd ca unitate de lungime raza R a helicei putem scrie:

$$\frac{P}{M} = \frac{\text{const}}{R} \quad \text{sau:} \quad \frac{P}{M} . R = \text{const.} = C.$$

Raportul $\frac{P}{E}$ pentru o serie de helice asemenea va fi:

(1) $$\frac{P}{E} = \frac{P}{M.\omega} = \frac{C}{R.\omega}.$$

sau introducînd iuţeala de rotaţie $\omega R = u$ avem:

$$\frac{P}{E} = \frac{C}{u}.$$

adică raportul $\frac{P}{E}$ sau utilizarea efectului mişcărei a unei serii de helice asemenea rămîne constant cînd sunt învîrtite cu aceiaşi iuţeală de rotaţie şi scade proporţional cu creşterea acestei iuţeli.

Mărimea $C = \frac{P}{M}.R$ este o măsură comodă şi simplă pentru apreciarea utilizărei efectului unui anumit tip de helice.

Din ecuaţia 1 rezultă că utilizarea efectului se apropie de infinit când iuţeala de rotaţie scade la 0, prin urmare teoretic nu putem găsi o margine pentru utilizarea efectului.

Dacă pornim dela hipoteza ca rezultanta rezistenţei aerului şi prin urmare P şi M, cresc proporţional cu iuţeala unghiulară, atunci putem scrie:

$P = p.\omega^2$ $M = m.\omega^2$ (în care p şi m sunt mărimile proporţionalităţei).

La aceste experienţe ω s'a înlocuit în funcţiune prin numărul de învîrtituri pe minut sau mai simplu prin $\frac{n}{100}$ spre a evita zecimale incomode.

Dacă ţinem seamă că P şi M, ca ori şi ce putere aerodinamică, sunt proporţionale cu densitatea aerului şi reducînd pe p şi m la o densitate mijlocie γ_0, putem scrie:

$$p = 10^4 \frac{P.\gamma_0}{n^2.\gamma} \quad m = 10^4 \frac{M.\gamma_0}{n^2 \gamma}.$$

La fiecare experienţă se calculează valorile lui p şi m, putîndu-se vedea întru cît pot fi constante.

Constanta efectului mişcărei C este atunci negreşit tot $\frac{p}{m}.R$; ea este şi aşa independentă de γ.

Utilizarea suprafeţei unei helice este caracterizată prin:

$\frac{P}{F}$ (presiunea pe unitate de suprafaţă).

Prin F înţelegem suprafaţa cercului $\pi . R^2$, descris de aripele helicei fiindcă din punctul de vedere al utilizărei spaţiului nu are nici o importanţă dacă aripele helicei ocupă o parte mai mare sau mai mică din această suprafaţă.

Pentru una şi aceeaş helice, conform celor de mai sus putem scrie:

$$\frac{P}{F} = \frac{p}{F} . \omega^2 .$$

în care $\frac{p}{F}$ are dimensiunea unei suprafeţe, căci:

$$\frac{p}{F} = \frac{P}{F . \omega^2} = \frac{\text{masă} \times \text{acceleraţie} \times \text{timp}^2}{\text{lungime}^2} \left(\omega^2 = \frac{1}{\text{timp}^2}\right)$$

$$= \frac{\text{masă}}{\text{lungime}} \left(\text{acceleraţia} = \frac{\text{lungime}}{\text{timp}^2}\right).$$

Masele se rapoartă între ele ca şi spaţiile, fiindcă pentru helice mari sau mici avem acelaş mediu: aerul.

Aşa dar:

$$\frac{\text{masa}}{\text{lungime}} = \text{lungime}^2 \left(\text{adică } \frac{p}{F} \text{ are dimensiunea unei suprafeţe}\right).$$

Pentru o serie de helice asemene putem scrie:

$$\frac{p}{F} = \text{const} \times \text{lungime}^2 .$$

$$\frac{p}{R^4} = \text{const} = c . \qquad (2)$$

Această mărime c este măsura de apreciare a utilizărei suprafeţei unui tip de helice, independent de mărimea helicei.

Pentru un caz oare-care puterea axială de înaintare se calculează din:

$$P = c . R^4 . \omega^2$$

$$P = c . R^2 . n^2$$

In cazul cînd densitatea aerului e diferită de γ_0 apare în ecuaţie şi factorul $\frac{\gamma_0}{\gamma}$.

Prin mărimele C şi c putem caracteriza calităţile formei helicei în chip practic desăvîrşit.

Putem însă să dăm pentru utilizarea suprafeţei o valoare maximală, care teoretic nu poate fi întrecută.

In acest scop Prof. Dr. *Finsterwalder* din München ne dă o cale, determinînd puterea maximală de înaintare a unei helice ideală cu raza R cînd efectul mişcărei este E-

Punctul de plecare e legea energiei : o masă de aer Q, accelerată în fiecare secundă cu iuţeala uniformă v capătă după legea impulsului o contra lovitură : $P' = Q\,v$ şi are nevoie în fiecare secundă de energia corespunzătoare puterei vii :

$$E = Q.\frac{v^2}{2}$$

De unde rezultă că :

$$\frac{P'}{E} = \frac{2}{v}$$

Utilizarea efectului este totdeauna în raport invers cu iuţeala reacţiunei. La helice se poate admite în cazul ideal că masa de aer accelerată este o rază de aer cu iuţeală uniformă şi axială în toate punctele ei.

Acesta i cazul cel mai favorabil căci dacă iuţeala ar fi într'un punct mai mare ca cea mijlocie, atunci energia ar fi în acel punct rău întrebuinţată, cum am arătat sus, şi această pierdere nu ar putea fi restabilită prin o utilizare mai bună în punctele cu iuţeala mai mică fiindcă P' depinde de sumă de v iar E de sumă de v^2. Sumă de v adică cantitatea de care depinde P' va fi maximală pentru o valoare dată a sumei de v^2 (E) atunci cînd toţi v sunt egali.

Vorbind exact o helice nu poate avea o iuţeală axială, fiindcă aerul are o mişcare tangenţială conrespunzătoare momentului de învîrtire. O iuţeală axială ar putea să fie la două helice, cari se învîrtesc pe aceiaşi axă în sens invers cu acelaş moment de învîrtire (*construcţia lui Vlaicu*).

Pentru cazul nostru masa de aer accelerată pe secundă se determină din :

$$Q = \mu.\ F_1.\ v.$$

în care F_1 este secţiunea razei de aer şi $\mu = \frac{\gamma}{g}$ este masa unui metru cub de aer.

Pentru P' şi E obţinem atunci :

$$P' = \mu\, F_1 .\, v^2 \quad E = \mu .\, F_1 .\, \frac{v^3}{2} = P' .\, \frac{v}{2}$$

sau priu eliminarea lui v:

$$P'^3 = 4 .\, \mu .\, F_1 .\, E^2$$

In această ecuaţie F_1 este secţiunea razei de aer nu suprafaţa cercului helicei.

Trebue să mai dezvoltăm încă o relaţiune.

Când aerul parcurge cercul helicei cu iuţeala w, efectul teoretic necesar acestei iuţeli este:

$$E = P' .\, w.$$

fiindcă helicea împinge coloana de aer cu iuţeala w către rezistenţa P'.

Am arătat că:

$$E = P' .\, \frac{v}{2}$$

adică w trebue să fie diferit de v şi anume:

$$w = \frac{v}{2}$$

Prin urmare aerul are în planul helicei jumătate din iuţeala finală; mişcarea lui se accelerează în puterea supra presiunei căpătate.

Secţiunea razei aerului F_1 se poate afla din:

$$Q = \mu .\, F_1 .\, v = \mu .\, F .\, w.$$

$$F_1 = F .\, \frac{w}{v} = \frac{F}{2}.$$

Astfel că putem exprima puterea maximală de înaintare prin F:

$$P'^3 = 2\, \mu .\, F .\, E^2 \text{ sau:}$$

$$\frac{P'}{F} = 2 .\, \mu .\, \left(\frac{E}{P'}\right)^2$$

adică: utilizarea suprafetei creşte în raport invers cu pătratul utilizărei efectului mişcărei.

Pentru fiecare valoare $\frac{P}{E}$ avem o limită maximală $\frac{P}{F}$ şi invers; suntem în stare într'un caz anumit să calculăm raportul între utilizarea efectului mişcarel atins în realitate şi cel maximal, pentru o helice cu o aceiaşi presiune pe unitate de suprafaţă.

Dacă înlocuim în: $\eta = \frac{P}{P'}$ pe P' prin valoarea lui stabilită mai sus atunci avem pentru coeficentul aerodinamic:

(3) $$\eta^3 = \frac{P^3}{2\,\mu\,F\,E^2}.$$

Din această relaţiune se vede că utilizarea efectului şi a suprafeţei stau într'un raport anumit; putem scrie:

$$\frac{P}{E} = \sqrt{2.\,\mu.\,\eta^3.\,\frac{F}{P}}.$$

$$\frac{P}{F} = 2.\,\mu.\,\eta^3\left(\frac{E}{P}\right)^2$$

în care η poate atinge în cazul ideal valoarea 1.

Pentru utilizarea efectului mişcărei serveşte ca măsură $\eta^{\frac{3}{2}}$ pentru utilizarea suprafeţei, η^3. La o helice neperfectă utilizarea suprafeţei scade cu mult mai repede ca utilizare efectului.

Introducînd valorile lui C şi c din ecuaţiile de mai sus:

$$\frac{P}{E} = \frac{C}{n},\quad \frac{P}{F} = \frac{c}{\pi}.\,n^2,$$

avem pentru coeficientul aerodinamic:

(4) $$\eta^3 = \frac{c.\,C^2}{2.\,\mu.\,\pi}.$$

Productul $c.\,C^2$ nu poate întrece valoarea lui $2.\,\mu.\,\pi$, care este o cantitate constantă pentru o densitate mijlocie a aerului $\gamma_0\left(\text{cu } \mu_0 = \frac{\gamma_0}{g}\right)$.

Coeficientul η reprezintă o unitate de măsură bună, care arată cît ne mai trebue pentru a atinge gradul de perfecţie.

De aci nu rezultă că tipul cel mai bun de helice este acela care are cel mai înalt η pentru toate cazurile practice.

Utilizarea efectului ridicată la pătrat e precumpănitoare.

In experienţele lui *F. Bendemann* sunt date separat lîngă η şi valorile lui C precum şi ale lui c a căror însemnătate este lămurită mai sus.