

Dr. IVAN DADIĆ
 Institut prometa i veza
 Zagreb, Kušlanova 2
 Mr. VLADO DADIĆ
 Institut za oceanografiju i ribarstvo
 Split, Meštrovićevo šetalište 63

Znanost u prometu
 Izvorni znanstveni rad
 UDK: 629.01: 621.039.578
 Primljeno: 08.10.1992.
 Prihvaćeno: 08.03.1993.

PRIRODNI PROPULZORI

SAŽETAK

Što djelotvornija pretvorba snage ljudskih mišića, raznih vrsti klipnih i rotacijskih strojeva posredstvom uređaja skupno nazvanih propulzorima, s pomoću posebno konstruiranih površina, čijom se rotacijom ostvaruje gotovo maksimalna porivna sila - predmet je ovog rada.

Osnova konstrukcije tih, uvjetno nazvanih, prirodnih propulzora odnosno površina jest krivulja u ravnini koju opisuje čestica tvari na koju uslijed rotacije djeluju centrifugalna i tangencijalna sila, odnosno njihova rezultanta, kao i krivulja na nju okomita.

Proučavanje prirodne propulzije navodi na proučavanje prirodnog ekscentriciteta ili neuravnoteženosti općenito, što može imati utjecaja i na konstrukciju stublinskih i električnih strojeva, te ostale reperkusije na konstrukciju raznih tipova i oblika letjelica i brodova.

1. UVOD

Poriv ili propulzija ostvarenje je potisne sile koja stvaranjem količine gibanja tekućine ili plina pokreće brod, zrakoplov ili vozilo po kopnu naprijed, odnosno suprotno od smjera djelovanja količine kretanja tekućine ili plina. Da bi se tekućina (voda) ili plin (zrak) pokrenuli prema natrag i time ostvarili pomak npr. broda ili zrakoplova naprijed, potreban je propulzor koji će biti pogonjen strojem ili ljudskom, odnosno životinjskom snagom.

Tisućama godina pogon brodova i kopnenih vozila (zaprežna kola) obavljao se ili ljudskom i životinjskom snagom ili vjetrom. Vjetar je dakako kao pogonska energija iskorištavan za brodove na jedra. Pogon brodova ostvarivan je i s pomoću vesala ili, u plicim vodama i rijekama, potiskivanjem s pomoću poduže motke o dno ili veslanjem (potiskivanje vode veslom suprotno od željenog smjera kretanja broda). Pogon brodova mogao se ostvarivati i vučenjem s kopna uz morsku ili riječnu obalu (poznati su burlaci s Volge).

Osnovna razlika u propulziji plovila u početku je uglavnom bila u tomu što je čovjek koji je ostvarivao poriv veslanjem bio u plovilu, dok je poriv vozila na kopnu bio ostvarivan vučom (guranje vozila).

Izum kotača bio je najveći pomak u razvoju civilizacije (postao je poticaj i osnovica prosperiteta civilizacije, njegove znanosti i kulture uopće) i ujedno omogućio ostvarenje vijčanih propulzora brodova i zrakoplova u naponu razvoja industrijske civilizacije.

Tako su postojeći zrakoplovni i brodski vijci kao i dijelovi turbomlaznih propulzora nastali po osnovi djelovanja vijaka odnosno svrdala koji se uvrću u tekućinu odnosno plin i time ostvaruju poriv.

Prvi pokušaji da se pogon broda mehanizira i učini neovisnim o vjetru ili velikom broju veslača potječu još iz 15. stoljeća kada se razmišljalo da se jedra ili vesla zamijene bočnim kotačima s raznim sustavima prijenosa.

Leonardo da Vinci bavi se također problemima pogona broda i ostvarenjem letjelica pokretanih ljudskom snagom.

Prvi parni brodovi pogonjeni su bočnim kotačima. Tek nakon toga pojavljuje se brodski vijak.

Osim brodske kotača i broskog vijka pojavljuju se i druga praktična rješenja. Pojavljuju se mlazni propulzori koji su u osnovi centrifugalne crpke.

Za razliku od brodske kotača čija je osovinu u osnovi vodoravna, pojavljuje se (1930. godine) Voith-Schneiderov vijak, a nešto prije toga (1925.) Kirsten-Boeingov vijak. Značajka tih brodske vijaka je u tomu što poriv mogu ostvarivati u bilo kojem smjeru čime ujedno zamjenjuju i kormilo broda.

Osnovna načela konstrukcije brodske i zrakoplovne vijaka su u tomu što porivnu površinu opisuje pravac koji je okomit na osovinu rotacije i ujedno je siječe. U ovisnosti o kretanju tog pravca možemo imati vijčane porivne površine konstantnog ili promjenljivog uspona.

2. NEKE ZNAČAJKE POSTOJEĆIH PROPULZORA

Osnovna značajka postojećih propulzora je u tomu što proizvedu znatno veću količinu kretanja od one koja je usporedna osovinu rotacije propulzora odnosno smjeru kretanja plovila ili letjelice. To znači da postojeći propulzori u velikoj mjeri ostvaruju količinu kretanja koja nije usporedna osi rotacije ili nije suprotna smjeru kretanja letjelice ili plovila. Sve te komponente porivnih sila odnosno količine kretanja koje su okomite na osovinu rotacije vijčanog propulzora uglavnom su simetrične i međusobno se poništavaju ne ostvarujući nikakav poriv letjelice ili plovila. Rezultat takvog djelovanja propulzora je velika uzburkanost (bijeli pjenušavi trag iza brodova) vode, osobito iza brzih brodova, sa snažnim motorima. Takva turbulentnost zraka odvija se i iza zrakoplovnih propulzora, bilo vijčanih ili drugih.

Ovisno o odnosu komponenata količine kretanja okomitih na osovinu rotacije propulzora ili usporednih s osovinu rotacije propulzora ovisi i djelotvornost propulzora. To zapravo znači da treba konstruirati takav propulzor koji će ostvariti količinu kretanja tekućine ili plina što više usporednu osovinu rotacije propulzora, odnosno usporednu trenutnoj putanji plovila ili letjelice (ili kopnenog vozila) sa što manje otpora.

Uzroci neučinkovitom djelovanju postojećih propulzora su u tomu što zbog njihove rotacije rotiraju i čestice

tekućine odnosno plina te zahvaljujući djelovanju centrifugalne sile stvaraju komponente količine kretanja okomito na osovinu rotacije propulzora.

Slični problemi, samo u drukčijim uvjetima, pojavljuju se i u drugih tipova propulzora, kao i u mlaznih propulzora u kojih se zbog unutarnjeg trenja i turbulencije pojavljuju gubici i time smanjuje porivna sila.

Nagnutost krila broskog vijka prema natrag dijelom usmjeruje radijalne komponente količine kretanja (okomite na osovinu rotacije vijka), u komponente usporedne osovini rotacije suprotno kretanju plovila.

Ako podemo od temeljnih aksioma da je za beskonačno velik polumjer centrifugalna sila jednaka nuli, odnosno

$$R \rightarrow \infty, \phi \rightarrow 0, C \rightarrow 0$$

za neko realno stanje možemo napisati sljedeće izraze:

$$F_c = \frac{m V^2}{R} C_r$$

gdje su:

F_c - centrifugalna sila koja djeluje na česticu m

V - obodna brzina čestice

R - polumjer (razmak) čestice m od osovine rotacije (0)

C_r - koeficijent radijalnog otpora

Tangencijalnu silu (F_t) dobijemo po izrazu:

$$F_t = \frac{1}{2} \rho V^2 A_t C_t$$

gdje je:

ρ - gustoća tekućine ili plina (kg/m^3)

A_t - površina propulzora u smjeru djelovanja tangencijalne sile

C_t - koeficijent tangencijalnog otpora

Kako su F_c i F_t međusobno okomite, rezultatnu silu (F_r) možemo dobiti po formuli:

$$F_r^2 = F_t^2 + F_c^2$$

dok je

$$\frac{F_c}{F_t} = \frac{2 C_r}{R C_t} = \text{tg } \phi$$

Da bismo mogli prići konstrukciji prirodnog propulzora, moramo pronaći izraze za dvije krivulje:

- krivulju (R) na koju je rezultatna sila (F_r) okomita i
- krivulju (R_0) koja je okomita na krivulju (R) i ujedno je trajektorija kretanja čestice na koju djeluju sile F_c i F_t

Na slici 2. pokazani su međuodnosi djelovanja sila i tvorba elemenata krivulje (R).

Da bi se pojednostavilo pronalaženje te kao i drugih krivulja, svi elementi su dani u polarnom koordinatnom sustavu.

3. TEORIJSKE OSNOVE DJELOVANJA PRIRODNIH PROPULZORA

Osnovno polazište za konstrukciju prirodnih propulzora je u tomu da snagu pogonskog stroja pretvore u porivnu silu čije će komponente biti što više usporedne s osovinom rotacije propulzora. To znači da sve proizvedene sile treba usmjeriti usporedno osovini rotacije smjera suprotnog od željenoga kretanja plovila, letjelice ili kopnenog vozila.

Ako podemo od temeljne pretpostavke da se vozilo, plovilo ili letjelica kreću u vodi odnosno zraku ili u vodi i u zraku (plovidba po površini vode) čiji propulzor pri rotaciji

pokrene čestice tekućine ili plina koje su dotle bile u stanju mirovanja, na njih otpočinu djelovati dvije sile:

- tangencijalna sila F_t
- centrifugalna sila F_c

Te su sile međusobno okomite i ovise o gustoći odnosno specifičnoj težini tekućine ili plina, brzini okretanja propulzora kao i o veličini i obliku površine propulzora te o unutarnjem trenju tekućine ili plina.

Na slici 1. pokazano je djelovanje i međuodnos tangencijalne i centrifugalne sile na česticu koju krilo propulzora zahvati i otpočne rotaciju.



Slika 1. Djelovanje centrifugalne sile (F_c) i tangencijalne sile (F_t) odnosno rezultatne sile (F_r) na česticu (m) koja rotira oko osovine (0) na udaljenost (R)

Temeljem slike 2. možemo uspostaviti sljedeće relacije:

$$\text{tg } \phi = \frac{F_c}{F_t} = \frac{2 C_r}{R C_t}$$

$$\text{tg } (90 - \phi) = \text{ctg } \phi = \frac{R C_t}{2 C_r}$$

kao i

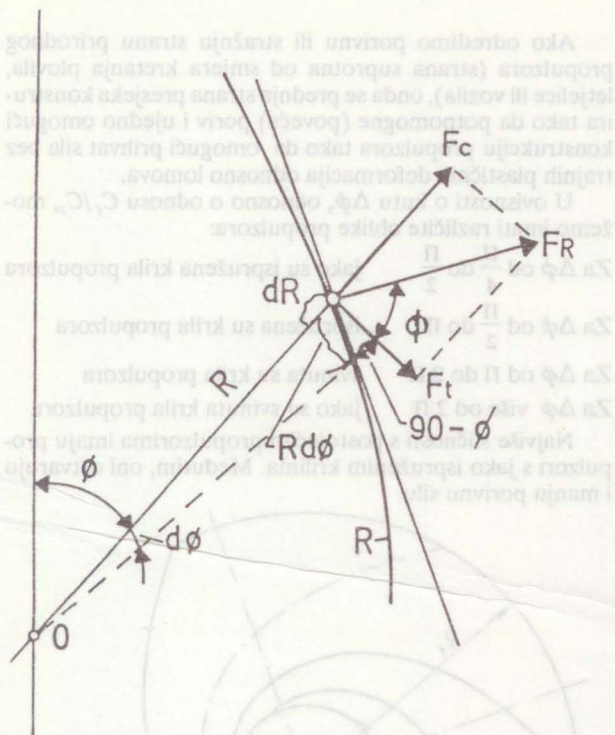
$$\frac{dR}{R d\phi} = \frac{R C_t}{2 C_r}$$

ili

$$\frac{dR}{R^2} = \frac{C_t}{2 C_r} \cdot d\phi$$

Integriranjem prethodne jednadžbe

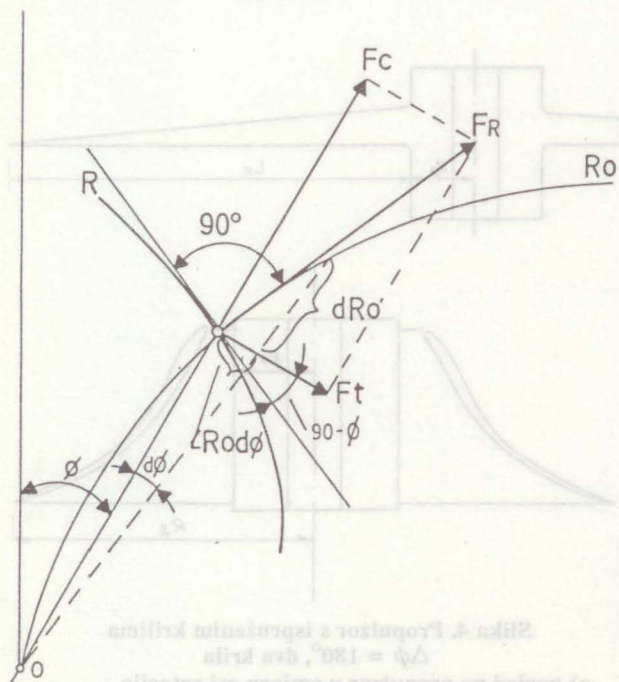
$$\int R^{-2} \cdot dR = \frac{C_t}{2 C_r} \int d\phi$$



Slika 2. Prikaz djelovanja sila na česticu koja rotira i krivulje R na koju je okomita resultantna sila F_R dobijemo sljedeće jednadžbe:

$$R = \frac{2 C_r}{\phi C_t} \text{ ili } \phi = \frac{2 C_r}{R C_t}$$

Krivulju R_o , okomitu na krivulju (R), koja ujedno predstavlja trajektoriju kretanja čestice mase m na koju djeluju centrifugalna sila F_c i tangencijalna sila F_t , dobijemo iz odnosa pokazanih na slici 3.



Slika 3. Prikaz djelovanja sila na česticu mase m koja rotira oko osovine (0), trajektorije kretanja te čestice R_o

$$\text{tg } \phi = \frac{F_c}{F_t} = \frac{2 C_r}{R C_t}$$

$$\frac{dR_o}{R_o d\phi} = \frac{2 C_r}{R_o C_t}$$

$$dR_o = \frac{2 C_r}{C_t} d\phi$$

$$\int dR_o = \frac{2 C_r}{C_t} \int d\phi$$

$$R_o = \frac{2 \phi C_r}{C_t}$$

Temeljem uspostavljenih odnosa sa slika 2. i 3. pronašli smo jednadžbe međusobno okomitih krivulja od kojih krivulja R_o predstavlja trajektoriju kretanja čestice mase m na koju djeluju tangencijalna sila (F_t) i centrifugalna sila (F_c).

Te krivulje predstavljaju osnovicu za konstruiranje prirodnih propulzora, kako onih koji propulziju stvaraju u tekućini, tako i onih koji propulziju ostvaruju u plinu (zraku).

Da bismo mogli imati sve potrebne konstruktivne elemente, nužno je pronaći i izraze za izračunavanje duljine tih krivulja¹ te njihove duljine.

Duljinu krivulje (R) L_R možemo dobiti iz sljedeće relacije:

$$(dL_R)^2 = (dR)^2 + (R d\phi)^2$$

$$\frac{dR}{R d\phi} = \text{tg } (90 - \phi) = \frac{R C_t}{2 C_r}$$

$$(dL_R)^2 = \left(\frac{R^2 C_t d\phi}{2 C_r} \right)^2 + (R d\phi)^2$$

$$\sum dL_R = \frac{\sqrt{1 + \phi^2}}{\phi^2} \cdot \frac{2 C_r}{C_t} \cdot d\phi$$

$$L_R = \frac{2 C_r}{C_t} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{\sqrt{\phi^2 + 1}}{\phi^2} d\phi$$

$$L_R = \frac{2 C_r}{C_t} \left[-\frac{\sqrt{\phi^2 + 1}}{\phi^2} + \ln(\phi + \sqrt{\phi^2 + 1}) \right] \Bigg|_{\phi_1}^{\phi_2}$$

$$L_R = \frac{2 C_r}{C_t} \left[-\frac{\sqrt{\phi_1^2 + 1}}{\phi_1^2} + \ln(\phi_1 + \sqrt{\phi_1^2 + 1}) \right] +$$

$$+ \frac{\sqrt{\phi_2^2 + 1}}{\phi_2^2} - \ln(\phi_2 + \sqrt{\phi_2^2 + 1})$$

Valja napomenuti da se kut ϕ uvrštava u radijanima, a duljina L_R dobiva u m.

Duljinu krivulje (R_o) L_{R_o} , odnosno duljinu putanje čestice možemo izračunati iz sljedeće relacije:

$$(dR_o)^2 = (R_o d\phi)^2 = (dL_{R_o})^2$$

$$\frac{dR_o}{R_o d\phi} = \text{tg } (90 - \phi) = \frac{2 C_r}{\phi C_t}$$

$$dR_o = \frac{2 C_r R_o d\phi}{\phi C_t}$$

$$L_{Ro} = \frac{2 C_r}{C_t} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sqrt{\left(\frac{2 C_r}{\phi^2}\right)^2 + \phi^2} d\phi$$

$$L_{Ro} = \frac{2 C_r}{C_t} \left[\phi \sqrt{\left(\frac{2 C_r}{\phi^2}\right)^2 + \phi^2} + \left(\frac{2 C_r}{\phi^2}\right)^2 \ln \left(\phi + \sqrt{\left(\frac{2 C_r}{\phi^2}\right)^2 + \phi^2} \right) \right]_{\phi_1}^{\phi_2}$$

Ako umjesto kuta ϕ uvrstimo polumjer R odnosno:

$$\phi_1 = \frac{2 C_r}{R_1 C_t} \quad \text{i} \quad \phi_2 = \frac{2 C_r}{R_2 C_t}$$

duljinu krivulje L_R dobijemo po sljedećem izrazu:

$$L_{Ro} = \frac{2 C_r}{C_t} \left[-\frac{\sqrt{(2 C_r)^2 + (R_1 C_t)^2}}{2 C_r} + \ln \left(\frac{2 C_r + \sqrt{(2 C_r)^2 + (R_1 C_t)^2}}{R_1 C_t} \right) + \frac{\sqrt{(2 C_r)^2 + (R_2 C_t)^2}}{2 C_r} - \ln \left(\frac{2 C_r + \sqrt{(2 C_r)^2 + (R_2 C_t)^2}}{R_2 C_t} \right) \right]$$

Za $C_r = C_t = 1$

$$L_R = 2 \left[-\frac{\sqrt{2^2 + R_1^2}}{2} + \ln \frac{2 + \sqrt{2^2 + R_1^2}}{R_1} + \frac{\sqrt{2^2 + R_2^2}}{2} - \ln \frac{2 + \sqrt{2^2 + R_2^2}}{R_2} \right]$$

Između dvaju polumjera - R_1 kojemu pripada kut ϕ_1 i R_2 kojemu pripada kut ϕ_2 - nalazi se kut $\Delta\phi$ koji možemo izračunati po izrazu:

$$\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2 = \frac{2 C_r}{R_1 C_t} - \frac{2 C_r}{R_2 C_t}$$

$$\Delta\phi = \frac{2 C_r}{C_t} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{2 C_r}{C_t} \cdot \frac{R_2 - R_1}{R_1 R_2}$$

3.1. Prirodni vijčani propulzori

Prirodni propulzor konstruiramo tako što, umjesto pravca koji je okomit na osovinu rotacije propulzora i s njom se nalazi u istoj ravnini, odnosno presjeca je, imamo krivulju R između polumjera R_1 i R_2 pri čemu je R_1 polumjer osovine propulzora, a R_2 maksimalni polumjer propulzora. Cilindrični presjek oblika kruga na određenom polumjeru može imati konstantan ili promjenljiv uspon, odnosno može biti pravac ili neka druga krivulja promjenljive ili konstantne zakrivljenosti.

Valja napomenuti da je to samo jedan od više načina odnosno mogućnosti konstruiranja prirodnih propulzora.

Ako odredimo porivnu ili stražnju stranu prirodnog propulzora (strana suprotna od smjera kretanja plovila, letjelice ili vozila), onda se prednja strana presjeka konstruira tako da potpomogne (poveća) poriv i ujedno omogući konstrukciju propulzora tako da omogući prihvat sila bez trajnih plastičnih deformacija odnosno lomova.

U ovisnosti o kutu $\Delta\phi$, odnosno o odnosu C_t/C_r , možemo imati različite oblike propulzora:

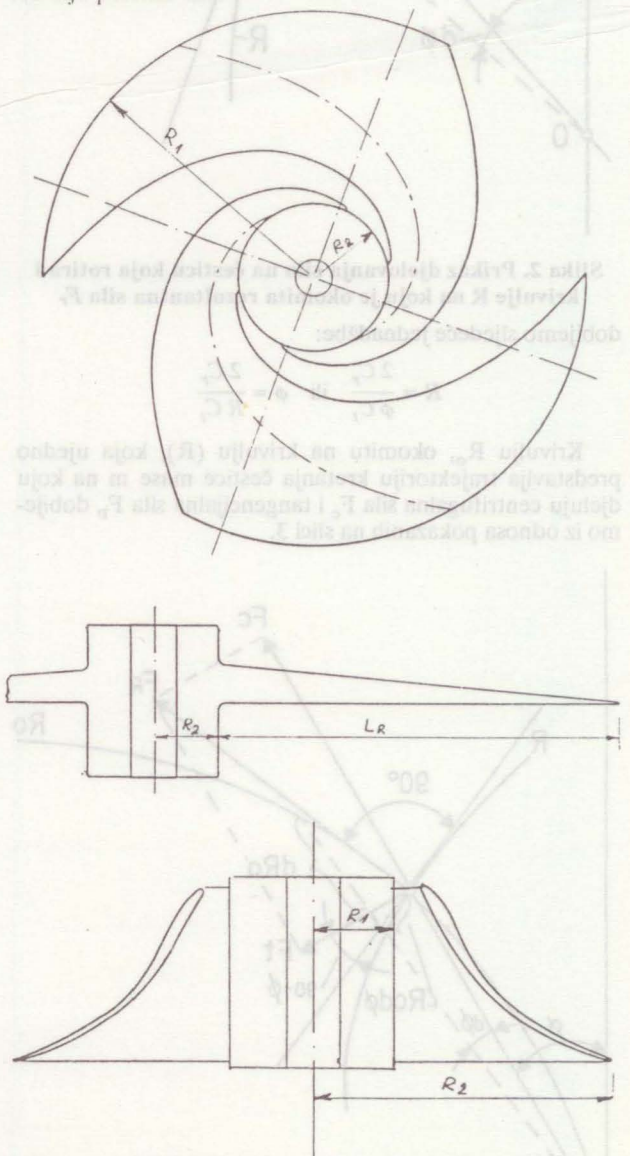
Za $\Delta\phi$ od $\frac{\pi}{4}$ do $\frac{\pi}{2}$ jako su ispružena krila propulzora

Za $\Delta\phi$ od $\frac{\pi}{2}$ do π ispružena su krila propulzora

Za $\Delta\phi$ od π do 2π svinuta su krila propulzora

Za $\Delta\phi$ više od 2π jako su svinuta krila propulzora

Najviše sličnosti s postojećim propulzorima imaju propulzori s jako ispruženim krilima. Međutim, oni ostvaruju i manju porivnu silu.



Slika 4. Propulzor s ispruženim krilima
 $\Delta\phi = 180^\circ$, dva krila

- a) pogled na propulzor u smjeru osi rotacije
- b) presjek po izvodnici
- c) radijalni presjek

Jako ispruženi propulzori ($\Delta\phi < \Pi/2$) imaju nekih sličnosti s postojećim zrakoplovnim i brodskim vijcima, tako da se mogu i konstruirati s dva ili više krila sličnih konstruktivnih elemenata.

Ako se nalaze u sapnici, bilo bi bolje i s konstruktivne strane, a vjerojatno bi i poriv bio pogodniji da sapnica bude čvrsto povezana s propulzorom odnosno da s njim zajedno rotira.

U ispruženih krila propulzora već je neophodno da sapnica, napose u slabijih konstrukcija krila, bude element koji povezuje krila i omogućuje veću trajnost, veći otpor dinamičkim naprezanjima.

U svinutih krila ($\Pi < \phi \leq 2\Pi$) također je neophodna sapnica čvrsto povezana s krilima propulzora.

U jako svinutih propulzora potrebno je radijalno povezivanje propulzora radi njihova konstruktivnog ukrucenja, i to svakih 90, 120, 180 ili 360 stupnjeva. To znači da su potrebna 4, 3, 2 ili jedno poprečno radijalno povezivanje. Naime, samo u jako svinutih krila (nekoliko cijelih krugova) i pri malim polumjerima moguće je imati jednu radijalnu poprečnu vezu. Najčešće će to biti 2, 3 ili 4 poprečne radijalne veze.

Propulzore sa svinutim i jako svinutim krilima možemo nazvati i spiralnim (višezavojnim) propulzorima.

Propulzori s jako ispruženim i ispruženim krilima mogu imati dva, tri, četiri ili više krila, dok propulzori sa svinutim i jako svinutim krilima imaju manje krila, uglavnom ne više od tri, a najčešće dva, a u nekim specifičnim slučajevima može biti samo jedno.

3.1.1. Konstrukcija prirodnih vijčanih propulzora

3.1.1.1. Konstrukcija prirodnih vijčanih propulzora s pogledom u smjeru osi rotacije

Osnovni elementi za konstrukciju prirodnih vijčanih propulzora u izgledu iz smjera osi rotacije jesu:

- izvodnica propulzora $R = \frac{2C_r}{\phi C_l}$
- polumjer osovine R_2
- polumjer vijčanog propulzora R_1
- svinutost odnosno ispruženost krila ili izvodnice $\Delta\phi$
- kut krila ili kut koji zatvaraju dvije krajnje točke na krilu propulzora istog polumjera ϕ_{Kr}
- ukupan kut krila $\phi_{Kruk} = \phi_{Kr} + \Delta\phi$
- broj krila n_{Kr}
- popunjenost kruga krilima propulzora može biti djelomična, potpuna ili povećana.

Djelomičnu popunjenost kuta krila imamo kada je

$$n_{kr} \cdot \phi_{kr} < 2\Pi$$

Potpunu popunjenost kruga krilima propulzora imamo kada je

$$n_{kr} \cdot \phi_{kr} = 2\Pi$$

Povećanu popunjenost - preklapanje krila u projekciji u smjeru osi rotacije imamo kada je

$$n_{kr} \cdot \phi_{kr} > 2\Pi$$

Određivanjem svih tih elemenata i podjelom kuta krila ϕ_{Kr} izvodnicama jednakim među kutom ($\Delta\phi_{Kr}$) dobijemo zapravo izohipse površine krila u odnosu na ravninu projekcije.

U slučaju kontinuiranog uspona izvodnice (izohipse), krila su u odnosu na ravninu projekcije jednako međusobno udaljena

$$\Delta h_{Kr1} = \Delta h_{Kr2} = \Delta h_{Krm}$$

U slučaju kada nemamo kontinuirani uspon izvodnice

$$\Delta h_{Kr1} \neq \Delta h_{Kr2} \neq \Delta h_{Krm}$$

Očividno je iz crteža, ali i iz proračuna, da su presjeci po izvodnici sve dulji što su krila propulzora svinutija, odnosno što je $\Delta\phi$ veći.

3.1.1.2. Presjeci krila propulzora

3.1.1.2.1. Presjek pravcem usporednim s osi rotacije po izvodnici R

Na slici 4, b, pokazan je poprečni presjek po izvodnici R pravcem usporednim osovini rotacije propulzora.

Da bismo konstruirali taj presjek, neophodno je izračunati duljine izvodnice između polumjera R_1 odnosno kuta ϕ_1 i polumjera R_2 komu pripada kut ϕ_2 .

Na polumjeru R_2 imamo korijen krila a na polumjeru R_1 kraj krila. Presjeci po izvodnicama mogu biti na početnoj, središnjoj ili krajnjoj.

Početna izvodnica je na konkavnoj strani odnosno prva na krilu u smjeru rotacije propulzora, a krajnja je konveksna, odnosno posljednja izvodnica krila u smjeru rotacije.

Taj razvijeni presjek ima porivnu izvodnicu okomitu na osovinu rotacije.

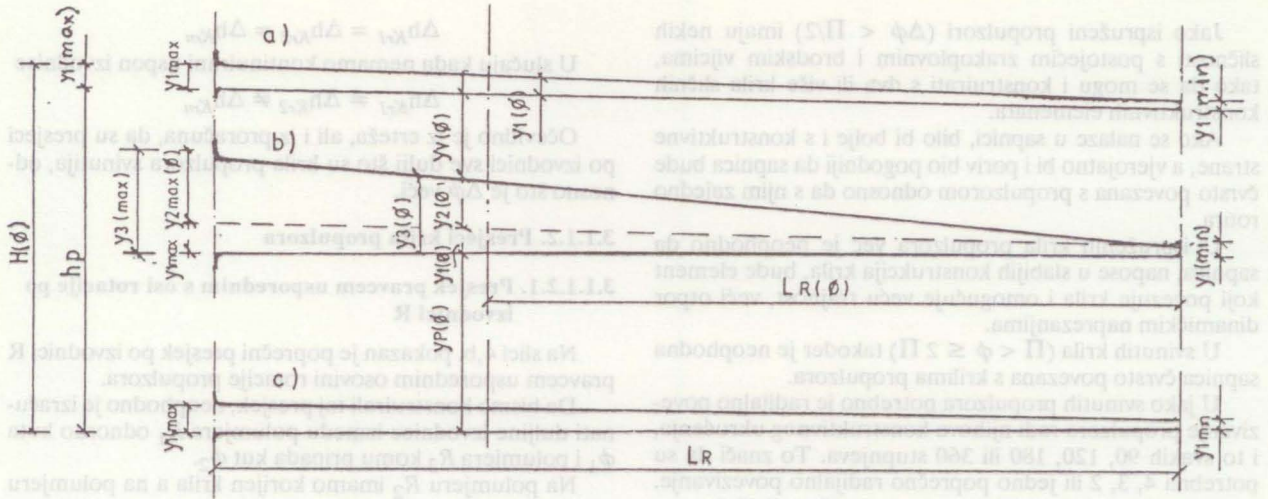
Ako pretpostavimo da je u središnjem presjeku (presjek po središnjoj izvodnici u korijenu krila) konstruktivna visina krila Y_{Kmax} mjerena usporedno osovini rotacije najveća, te da se prema početnoj i krajnjoj izvodnici smanjuje, možemo lako konstruirati osnovni poprečni presjek u korijenu krila, a isto tako i potreban broj presjeka krila po izvodnici između početne i krajnje izvodnice.

Na slici 5. pokazane su osnovne izmjere krila u središnjem presjeku pravcem po izvodnici koji je usporedan s osi rotacije propulzora. Osnovne veličine sa slike 5. su:

- $H\phi$ - ukupna visina prirodnoga vijčanog propulzora mjerena po osi rotacije
- H_{max} - ukupna najveća visina prirodnog vijka na korijenu krila
- H_{min} - ukupna najmanja visina prirodnoga vijčanog propulzora za $R = R_1$, odnosno $\phi = \phi_1$
- L_R - duljina izvodnice, odnosno krivulje R između ϕ_1 i ϕ_2
- $L_R(\phi)$ - duljina izvodnice između kutova ϕ_1 i ϕ_2
- y_{1min} - najmanja debljina propulzora za $R = R_1$ mjerena po osovini vijka
- $y_1\phi$ - debljina vijka uz prednju ili stražnju izvodnicu za određeni kut ϕ
- y_{1max} - najmanja debljina vijka pri korijenu vijka za $R = R_2$
- h_p - visina prirodnog vijka između prednje i stražnje izvodnice (h_p je konstantno za jedan vijak)
- y_{2max} - maksimalna debljina dijela presjeka krila u korijenu za $R = R_1$ u središnjem presjeku
- $y_2(\phi)$ - debljina dijela presjeka krila između R_1 i R_2 , odnosno ϕ_1 i ϕ_2 za kut ϕ
- y_{3max} - najveća ukupna visina krila za $R = R_2$
- $y_3(\phi)$ - najveća ukupna debljina krila za određeni kut ϕ ($\phi_1 < \phi < \phi_2$)

Osnovne relacije među navedenim veličinama su sljedeće:

$$y_1(\phi) = y_{1min} + L_R(\phi) \frac{y_{1max} - y_{1min}}{L_R}$$



Slika 5. Presjek krila pravcem usporednim s osi rotacije razvijen u ravnini

- a) presjek po prvoj izvodnici
- b) presjek po središnjoj izvodnici
- c) presjek po krajnjoj izvodnici

$$y_2(\phi) = L_R(\phi) \frac{y_{2max}}{L_R}$$

$$H\phi = h_p + y_1(\phi) = h_p + y_{1min} + L_R(\phi) +$$

$$+ L_R(\phi) \frac{y_{1max} - y_{1min}}{L_R}$$

$$y_3(\phi) = y_1(\phi) + y_2(\phi)$$

$$h_p = y_p(\phi) + y_1(\phi) = y_2(\phi) + y_v(\phi)$$

y_p - se odredi iz poprečnoga cilindričnog presjeka prirodnoga vijčanog propulzora

To bi bio presjek po središnjoj izvodnici kada je redovito $h_p = 2y_p$ i kada je konstantan uspon izvodnice prirodnog propulzora.

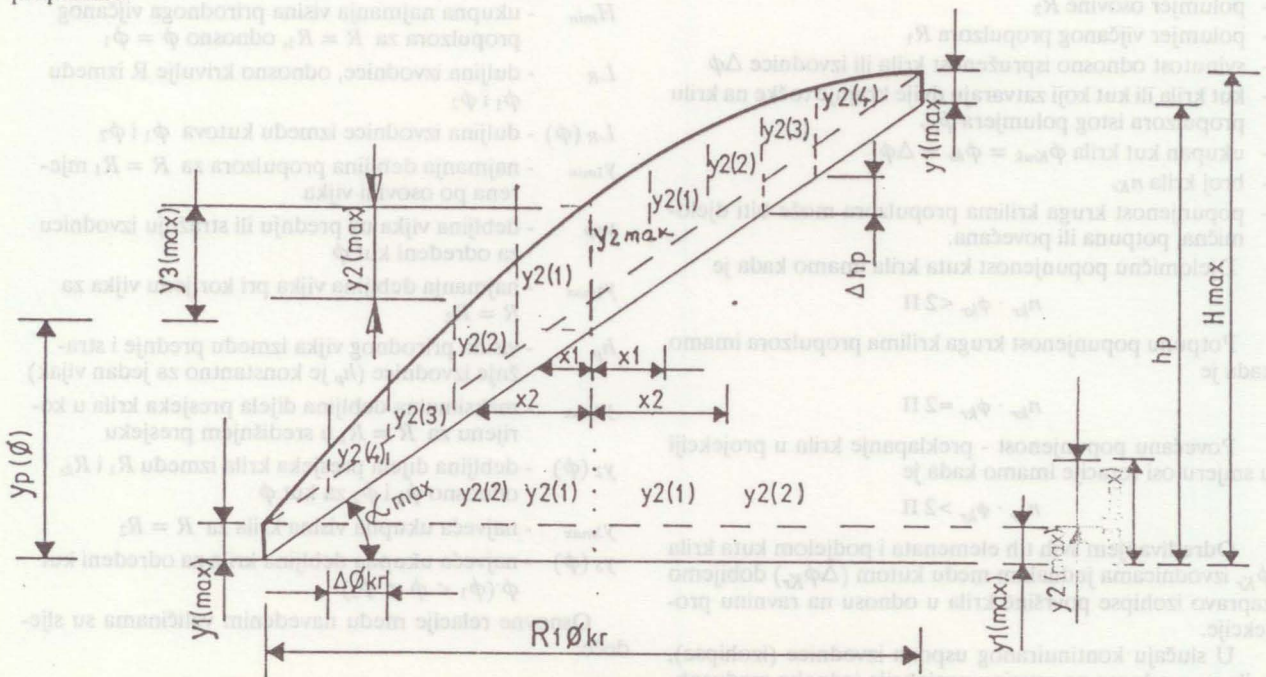
Ostale presjeka po izvodnicama između središnje i prednje i središnje i stražnje izvodnice možemo lako konstruirati kada iz cilindričnog presjeka za $R = R_2$ izračunamo vrijednost y_2 odnosno y_3 .

3.1.1.2.2. Cilindrični presjeci krila

Na slici 6. pokazan je cilindrični presjek u korijenu krila prirodnoga vijčanog propulzora za $R = R_1$ razvijen u ravnini.

U korijenu krila uz osovinu $R = R_1$ imamo najveći nagib u cilindričnom presjeku

$$\text{tg } \alpha_{max} = \frac{h_p}{R \phi_{Kr}} = \frac{\Delta h_p}{R \Delta \phi_{Kr}}$$



Slika 6. Cilindrični presjek u korijenu krila ($R = R_1$) razvijen u ravnini

Debljina dijela krila $y_2(n)$ ima raspon od 0 pa do y_{2max} . Središnji $y_2(\phi)$ smanjuje se od y_{2max} do ničice, $y_2(R_1) = 0$ kada je $y_3 = y_{1max}$.

Ako zadamo vrijednost $y_{2max}(R_1)$, možemo izračunati svedeni polumjer krila u korijenu ($R_{Kr}(R_1)$)

$$R_{Kr}^2 - X_{max}^2 = (R_{Kr} - Y_{2max}(R_1))^2$$

$$R_{Kr} = \frac{R^2 \pi^2 \phi_{Kr}^2 + 4 \cdot 180^2 Y_{2max}^2(R_1)}{8 \cdot 180^2 Y_{2max}(R_1)}$$

$$y_2(R_1)_n = y_{2max}(R_1) - \bar{y}_2(R_1)_n$$

$$\bar{y}_2(R_1)_n = R_{Kr} - \sqrt{R_{Kr}^2 - x_n^2}$$

$$y_2(R_1)_n = y_{2max}(R_1) - R_{Kr} + \sqrt{R_{Kr}^2 - x_n^2}$$

Ako na cilindričnom presjeku najvećeg polumjera propulzora (R_2) odredimo da je $y_{2max}(R_2) = 0$, onda je debljina krila vijčanoga prirodnog propulzora y_{1min} mjerena po osovinu propulzora:

$$\text{tg } \alpha_{min} = \frac{h_p}{R_2 \phi_{Kr}}$$

Da bismo dobili cilindrične presjeke na nekom polumjeru između korijena i kraja krila, nužno je prethodno konstruirati sve presjeke krila po izvodnicama pravcem usporednim s osi rotacije propulzora. Iz svakoga takvog presjeka za određeni polumjer očitamo debljinu krila

$$y_3(\phi) = y_1(\phi) + y_2(\phi)$$

4. NEKE TEORIJSKE I PRAKTIČNE MOGUĆNOSTI PRILAGODBE POSTOJEĆIH VIJČANIH PROPULZORA ZAKONITOSTIMA PRIRODNIH VIJČANIH PROPULZORA²

Uočavajući da je jedna od bitnih razlika između klasičnih (postojećih) i ovdje predloženih prirodnih vijčanih propulzora ekscentrično djelovanje sila kao i njihovo usmjerenje usporedno s osi rotacije radi povećanja produktivne porivne sile, našli smo praktična i teorijska rješenja prilagodbe postojećih vijčanih propulzora (brodski, zrakoplovni vijci-propeleri i drugi slični ventilatori) prirodnima radi povećanja porivne sile.

Naime, prirodni vijčani propulzor za razliku od klasičnoga postojećega gotovo da i ne koristi centrifugalnu silu za poriv.

Osnovicu za prilagodavanje postojećih vijčanih propulzora prirodnima možemo tražiti u sljedećim elementima:

- uvođenje ekscentriciteta između podužnih osi krila postojećeg propulzora i osovine rotacije
- nagnjanje podužne osi krila prema osovini rotacije suprotno od smjera poriva.

Također je moguće krivulju (R) prirodnoga vijčanoga propulzora, koja je osnovica njegove konstrukcije, zamijeniti kružnicom ili pravcem. Dakako da je za manje polumjere bolje rabiti dio kružnice dok je za veće polumjere (više metara) sasvim dobar i pravac.

5. TEORIJSKE PORIVNE SILE PRIRODNIH I KLASIČNIH VIJČANIH PROPULZORA I NJIHOVI ODNOSI

Uspoređujući teorijski pojednostavnjeno porivne sile, odnosno komponente porivnih sila koje su usporedne s osi rotacije propulzora i koje vjerojatno imaju znatne sličnosti i korelaciju s djelovanjem stvarnih sila, dobili smo iznimno pogodne odnose za prirodne vijčane propulzore.

U tablici 1. su odnosi porivnih sila (f_{por}) prirodnih vijčanih propulzora prema klasičnim (postojećim) vijčanim propulzorima na određenim udaljenostima (polumjerima) od osi rotacije (R) za jednake porivne površine i jednake snage pogonskih strojeva.

Tablica 1. Odnosi porivnih sila prirodnog i klasičnoga vijčanoga propulzora

R (m)	f_{por}	R (m)	f_{por}	R (m)	f_{por}	R (m)	f_{por}
0,01	200,00	0,50	4,12	4,00	1,12	50,00	~1,00
0,02	100,01	1,00	2,44	5,00	1,08	100,00	~1,00
0,10	20,01	2,00	1,41	10,00	1,02		
0,20	10,05	3,00	1,20	20,00	1,005		

Opaska: U proračunu koeficijenta uzeli smo da je $C_r = C_l = 1$

Analizirajući pojednostavnjeno teorijske proizvedene i ostvarene porivne sile, kako za prirodne vijčane propulzore tako i za klasične i njihove odnose, uočljivo je da ni u jednog ni u drugog nisu u velikoj mjeri i porivne sile. Iz toga se jasno zaključuje da nagib porivne površine u poprečnom presjeku (pravcem usporednim s osi rotacije) po putanji čestice tvari pod djelovanjem rezultantne sile (F_r) treba biti jednak ili približan polovini pravoga kuta ($\sim \Pi/4$).

Uvođenjem jednakog nagiba poprečnog presjeka dobijemo nove propulzore koje možemo nazvati prirodnim hibridnim vijčanim propulzorima, koji bi gotovo u cjelini proizvedene porivne sile usmjerili usporedno s osi rotacije.

6. NEKI ELEMENTI PRIRODNE PROPULZIJE I KOLIČINA KRETANJA U PROPULZIJI BRODOVA I LETJELICA

U prethodnim razmatranjima analizirali smo neke značajke i međusobne odnose vijčanih prirodnih propulzora, ekscentričnih propulzora čija je izvodnica dio pravca ili kružnice i klasičnih propulzora.

Svi ti propulzori imaju nedostatak u tomu što s velikom uloženom energijom ostvare relativno malu porivnu silu. Naime, samo komponente porivne sile koje su usporedne s osovinom vrtnje propulzora ili pravcem kretanja plovila ostvaruju poriv odnosno potisak.

Uspostavimo relaciju količine kretanja:

$$M_1 \vec{v}_1 = M_2 \vec{v}_2$$

gdje su:

- M_1 - masa letjelice ili plovila
- V_1 - brzina letjelice ili plovila
- M_2 - masa potisnutog medija (zraka ili vode)
- V_2 - brzina potisnutog medija (vode ili zraka)

Tijekom kretanja plovila ili letjelica u promatranom vremenu imaju točno određen smjer kretanja. Međutim, masa kretanja tekućine ili zraka s pripadajućim vektorima brzine ima disperzne sile. Kako samo komponente količine

kretanja $M_2 V_2$ koje su usporedne s osi rotacije propulzora daju poriv, učinkovitost postojećih propulzora je mala.

Prirodni propulzori, iako bolje usmjeruju porivne sile u pravcu kretanja plovila ili letjelica, znatan dio količine kretanja također usmjere u komponente okomite na osovinu vrtnje propulzora. Stoga se nužnom nameće potreba da se:

- (1) poveća količina tekućine ili plina (vode ili zraka) koja se pokreće,
- (2) da smjer kretanja odnosno smjer brzine bude što više usporedan s osovinom vrtnje propulzora odnosno sa smjerom kretanja plovila ili letjelice.

Da bi se ti elementi što više zadovoljili, nužno je pri propulziji brodova, zrakoplova ili vozila na kopnu postaviti što je moguće dulje kružne cijevi usporedne s uzdužnim osovinama tih plovila ili letjelica kroz koje će propulzor pokretati vodu ili zrak radi preciznog usmjerenja količine kretanja i povećanja mase, kako bi proizvedena količina kretanja $M_2 V_2$ bila što bliže $M_2 V_2$ - porivno, odnosno porivnoj količini kretanja.

To bi praktično značilo da bi u brodu ili zrakoplovu imali jednu ili dvije uzdužne cijevi, uglavnom kružnog presjeka, kroz koje bi protočni propulzori potiskivali vodu ili zrak, odnosno mješavinu.

Ispred zrakoplova ili broda obavljalo bi se usisivanje medija protočnim prirodnim propulzorom a izbacivanje bi se obavljalo straga.

Trebalo bi tražiti takva konstruktivna rješenja propulzora da brzina usisivanja bude nešto veća od maksimalne brzine kretanja broda ili letjelice, a isto tako i brzina isticanja tekućine ili zraka. Taj efekt povećanja količine kretanja dijelom se postiže konstruktivnom kvalitetom prirodnih vijčanih propulzora ili sapnicom na klasičnim, ali i na prirodnim propulzorima, odnosno ekscentričnim propulzorima.

Ako bismo izlaznu struju mogli po želji usmjerivati nekim pogodnim tehničkim rješenjem, onda bi u brodova i zrakoplova takvi propulzori mogli zamijeniti kormila, a u zrakoplova bi postojala mogućnost okomitog uzgona, odnosno slijetanja i polijetanja.

7. NEKE MOGUĆNOSTI PRIMJENE PRIRODNE PROPULZIJE NA STUBLINSKE MOTORE I CRPKE TE NA ELEKTROMOTORE

Razmatrajući elemente prirodne propulzije odnosno djelovanje tangencijalnih (F_T) i centrifugalnih sila (F_C) na česticu (m) koja otpočne s rotacijom iz stanja mirovanja, nužno se uočava ekscentricitet (e) ukupne rezultantne sile (F_r) u odnosu na osovinu rotacije.

To su potvrdila ranija razmatranja i usporedbe prirodnih vijčanih i ekscentričnih propulzora u odnosu na klasične.

Analogija jednostavno upućuje na istraživanje što će se dogoditi ako ideju "ekscentriciteta" primijenimo na stublinske motore i crpke kao i na elektromotore. U stublinskih motora i crpki i bez eksperimentalnog rada moguće je, uspoređujući znakovite veličine, utvrditi neke mogućnosti primjene. Načelno, u elektromotora, odnosno rotacijskih električnih strojeva također se može uočiti korisnost uvođenja ekscentriciteta osovine elektromagneta u odnosu na osovinu vrtnje, posebno u elektromotora u kojih se osovine namotaja sijeku s osovinom rotacije.

Ekscentricitet u stublinskih strojeva možemo definirati kao ekscentricitet osovine radilice u odnosu na osovinu stubline. To je najmanja udaljenost osovine stubline od osovine radilice.

Osnovne razlike ekscentričnih stublinskih motora, s unutarnjim izgaranjem, kompresijskih motora ili crpki u odnosu na postojeće bile bi:

- uz kontinuiranu brzinu vrtnje radilice u ovisnosti o smjeru ekscentriciteta može se odabirom smjera vrtnje mijenjati kut koji opiše radilica od gornje do donje mrtve točke i obrnuto,
- prosječna srednja brzina klipa od gornje mrtve točke prema donjoj, uz kontinuirani broj okretaja radilice, različita je od prosječne srednje brzine kretanja klipa od donje prema gornjoj,
- ekscentricitet će ovisiti i o duljini klipnjače a njegova veličina kretat će se do duljine hoda klipa.

Uvođenje ekscentriciteta osovine radilice u odnosu na osovinu cilindra bit će također povoljno u motora s križnom glavom, kao jednoradnih ili dvoradnih.

Polazeći od pretpostavke da je u osovini elektromagnetskog namotaja i najveća rezultantna sila djelovanja elektromagnet, sasvim logična i utemeljena je pretpostavka da će se uz istu jakost elektromagneta povećati okretni moment elektromotora.

8. PRIMJENA ELEMENATA PRIRODNE PROPULZIJE U KONSTRUIRANJU ZRAČNIH LETJELICA

Od pojave čovjeka kao razumnog bića, on je želio letjeti. Želio je oponašati pticu, dosegnuti visine. Zato je sasvim logično da čovjek, oponašajući pticu, čini prve pokušaje letenja. Od Dedala i Ikara, Otta Lilienthala, pa do prvih konstrukcija zrakoplova, čovjek stvara pa uzoru na prirodne tvorevine. U ovom slučaju oponaša pticu. Međutim, priroda stvara metodom pogreške i pokušaja, imajući vječito vrijeme na raspolaganju. Čovjek zato stvara najveće izume kada izravno primjenjuje prirodne zakone. Tako priroda u zemaljskim uvjetima, bez obzira na neograničeno vrijeme, nije uspjela stvoriti kotač, zbog toga, vjerojatno, što nije uspjela riješiti problem metabolizma (izmjene tvari) između osovine i kotača. Znači, čovjek je uspio napraviti kotač primjenjujući izravno prirodne zakone.

Pojavom motora s unutarnjim izgaranjem te primjenom vijka za uvrtnje u zrak i oponašanjem ptice, stekli su se uvjeti za konstrukciju klasičnog zrakoplova. Ako izuzmemo primjenu mlaznog motora odnosno propulzora, i shvatimo helikopter kao okomiti zrakoplov koji naginjanjem okomite osovine ostvaruje vodoravnu komponentu poriva te repnim (ili porivnim rotorom) stabilizatorom onemogućuje okretanje oko sebe, ništa se u suštini novo nije dogodilo.

Pojava raketnog pogona omogućila je letove izvan zračnog omotača zemlje. Međutim, temeljni problemi zračnog prometa su neriješeni. Potrebne su goleme količine skupog goriva za mali transportni učinak.

Osnovne značajke današnjih letjelica (zrakoplova i helikoptera) s vijčanim propulzorima su:

- velika brzina rotacije propulzora malih površina; veliki dio energije gubi se u turbulenciji odnosno u unutarnjim otporima zbog turbulentnoga zračnog strujanja koje stvara propulzor svojom rotacijom,

- mala količina kretanja koju stvara poriv odnosno koja je usporedna s osi rotacije propulzora a suprotna po smjeru.

Ljudska mašta u kolektivnoj podsvijesti stalno je stvarala neidentificirane leteće objekte u obliku letećih tanjura, možda i kao predznak njihova stvarnog pojavljivanja ili možda kao duboko podsvjesnu želju za letenjem.

Spoznavajući sve mogućnosti koje nudi spoznaja o prirodnoj propulziji i dosadašnje generalno iskustvo u konstruiranju zračnih letjelica, a polazeći od triju elemenata, moguće je dati djelotvornije konstrukcije zračnih letjelica težih od zraka. Ti osnovni elementi su:

- (1) spoznaja o mogućnostima prirodne aerodinamičke propulzije,
- (2) zakon o količini gibanja,
- (3) rotacija velikih površina propulzora malom brzinom rotacije.

Elemente prirodne propulzije odnosno prirodne vijčane propulzore možemo neposredno koristiti u postojećih letjelica:

- zamjenom postojećih vijčanih propulzora (propelera) prirodnim, te
- primjenom prirodnih vijčanih propulzora umjesto klasičnih u mlaznim motorima.

Time će se postići određeni rezultat. Međutim, primjenom triju osnovnih elemenata, već prije navedenih, moguće je konstruirati potpuno nove tipove zračnih letjelica težih od zraka, ili temeljito dograditi postojeće letjelice-zrakoplove ili helikoptere.

Nove letjelice s prirodnim propulzorima temeljile bi se na dva osnovna tipa:

- (1) dvije ili više okomitih osovina s prirodnim propulzorima velike površine, a male brzine vrtnje. Svi propulzori bili bi istih izmjera, a njihov broj bi uvijek bio djeljiv s dva, odnosno paran, radi izbjegavanja stabilizatora. Uglavnom bi se konstruirale letjelice s dvjema okomitim osovinama, odnosno s dva prirodna propulzora,
- (2) s jednom osovinom vrtnje s dva kontrarotirajuća prirodna propulzora u obliku letećeg tanjura.

Osnovna značajka letjelica s dvije ili više okomitih osovina velike su površine parnog broja prirodnih propulzora koji se okreću oko okomitih osovina malom brzinom rotacije.

Okomiti položaj osovina daje samo okomiti uzgon. Ako je položaj osovina malo zakošen, postiže se vodoravna komponenta rotacije.

Vodoravni poriv tih letjelica može se ostvarivati i propulzorom s vodoravnom osovinom. Vodoravni propulzor može djelovati:

- ispod težišta letjelice,
- u težištu letjelice i
- iznad težišta letjelice.

Kako je ta letjelica "obješena" za propulzore i ako je njeno težište smješteno na sredini pravca koji povezuje dvije okomite osovine, s rotacijom propulzora poriv (uzgon) bit će samo okomit.

Propulzor s vodoravnom osi vrtnje davao bi vodoravni poriv.

U varijanti kada je osovina vodoravnog propulzora iznad težišta letjelice, moment vodoravnog poriva izazvat će destabilizaciju tako da će se okomite osovine propulzora nagnuti u smjeru vodoravne propulzije s jednom dodatnom komponentom vodoravnog poriva.

U varijanti kada je osovina vodoravnog propulzora ispod težišta letjelice, destabilizacijom se vodoravni poriv suprotstavlja vodoravnoj komponenti okomitog uzgona.

Letjelica može biti konstruirana s jednim ili dva vodoravna propulzora. Ti propulzori mogu biti okretni oko okomite osovine, čim se zapravo može na vrlo jednostavan način i upravljati tom letjelicom. Udaljenost težišta letjelice od nosećih površina okomitih propulzora označuje stabilitet letjelice, koja je tijekom leta uvijek u stabilnom položaju. Veliki stabilitet je veoma bitna značajka te letjelice.

Kako u tih letjelica postoji više propulzora, nužno je da letjelica ima i više pojedinačnih pogonskih strojeva zasebnih motora ili da se, jednim turbogeneratorskim ili dizelskim generatorskim pogonom, pogon pojedinog propulzora obavlja električnim motorom.

Osnovne značajke tih letjelica bile bi:

- velika nosivost, i više od 1000 t,
- okomito polijetanje i slijetanje,
- kompaktna, jednostavna i jeftina gradnja,
- mala brzina leta, do 200 km/h,
- velika okretnost, te
- velika stabilnost.

Osnovne namjene tih letjelica bile bi:

- prijevoz ljudi do 600 km,
- transport tereta do 1000 km,
- transport tereta na nepristupačne terene bez slijetanja (zračna dizalica, prenosilica),
- gašenje požara,
- športska namjena - zračni biciklizam - letenje snagom ljudskih mišića,
- vojne potrebe.

Osnovne konstruktivne i ostale značajke letjelica s dva propulzora s okomitim porivom (uzgonom) bile bi:

- vrlo velike letjelice s polumjerom prirodnog propulzora (R_p) $R_p > 15$ m, čija bi nosivost bila iznimno velika,
- velike letjelice s R_p od 10 do 15 m,
- srednje letjelice s R_p od 5 do 10 m,
- male letjelice od 1 do 5 m.

Svakako će među malim letjelicama biti najatraktivniji zračni bicikli pogonjeni ljudskom snagom ili zračni bicikli s pomoćnim motorom malih snaga, do 10 kW, koji će se kao jednosjedi ili dvosjedi koristiti za športska natjecanja. Vjerojatno će se športska natjecanja u zračnom biciklizmu pojaviti kao natjecanja u brzini, visini, spretnosti, vremenu zadržavanja u zraku, kao i različita natjecanja konstruktora letjelica.

Letjelica sa zajedničkom osi s dva kontrarotirajuća rotora ili leteći tanjur konstruirana je na način da je o nosivu konstrukciju koja ima oblik letećeg tanjura čiji je obod zapravo veliki vijak odnosno dva kontrarotirajuća vijka koji daju okomiti poriv (uzgon).

Vodoravni poriv ostvarivao bi se klasičnim mlaznim motorima ili prirodnim vijčanim ili prirodnim protočnim propulzorima.

Pri uzlijetanju i slijetanju u pogonu bi bili samo kontrarotirajući prirodni vijci po obodu kružnog vijenca letećeg tanjura dok bi vodoravni poriv, odnosno vodoravni let ostvarivali prirodni vijčani ili prirodni protočni propulzori s vodoravnim osima rotacije, kao i jedna vodoravna komponenta okomitog uzgona kada se okomita osovina letećeg tanjura nagne prema naprijed.

Vodoravni propulzori mogu biti postavljeni ispod i iznad letećeg tanjura.

Prostor za pogonske strojeve i za putnike može se nalaziti u samom središtu letećeg tanjura ili može biti obješen ispod njega.

Te letjelice mogu imati svojstva klasičnih helikoptera (okomito polijetanje i slijetanje) ali i velike brzine, čak i nadzvučne, kao i klasični zrakoplovi. Nužno je samo pri velikim brzinama naći dobro rješenje prekrivanja u letu okomitih propulzora. Naime, leteći tanjur u vodoravnom brzom letu djelovao bi kao jedno krilo zrakoplova (aerodinamično oblikovani tanjur).

Vodoravni propulzori, ispod ili iznad letećeg tanjura, kao i jedan ili dva prostora za teret ili putnike koji bi bili ispod letećeg tanjura bili bi prikladno aerodinamički oblikovani.

Konstrukcija te letjelice je jednostavna i homogena i lako bi podnosila sve sile naprezanja za razliku od klasičnih zrakoplova i helikoptera.

Pogon se može ostvarivati dizelsko-električnim ili turboelektričnim strojevima ali i klasičnim motorima (okomiti uzgon), a vodoravni let postojećim mlaznim motorima.

Izmjere letećih tanjura (vanjski polumjer) mogu iznositi:

- $R_{max} < 5 \text{ m}$ - za male letjelice
- $5 \text{ m} < R_{max} < 10 \text{ m}$ - za srednje letjelice
- $10 \text{ m} < R_{max} < 15 \text{ m}$ - za velike letjelice
- $R_{max} > 15 \text{ m}$ - za vrlo velike letjelice

Nosivost tih letjelica, kao i najveća ukupna težina, a još više korisna nosivost, bit će znatno veći i povoljniji u odnosu na klasične letjelice (zrakoplove i helikoptere). Tako će odnos korisne nosivosti u odnosu na težinu prazne letjelice u svih letjelica s elementima prirodne propulzije biti znatno povoljniji nego u klasičnih.

Uz mogućnost da se u postojećih elisnih zrakoplova zamijene same postojeće elise prirodnim vijčanim propulzorima ili da se ventilatori u mlaznim motorima zamijene prikladnijim prirodnim vijčanim propulzorima - ventilatorima, moguće je postojeće zrakoplove dograditi i prirodnim vijčanim propulzorima s okomitim osovinama kao pomoć u uzgonu. Time bi se zapravo znatno skratila duljina puta polijetanja i slijetanja. Kombinacijom protočnih propulzora s povećanom količinom kretanja i mogućnošću zakretanja zračne struje ili mlaza na izlazu prema dolje također je moguće skratiti put uzlijetanja i slijetanja. Moguće su veoma složene i brojne kombinacije u dogradnji postojećih zrakoplova elementima prirodne propulzije radi skraćivanja uzletno-sletnog puta i povećanja nosivosti.

Zamjenom elise helikoptera prirodnim propulzorom velike površine, uza znatno smanjenje broja okretaja, znatno bi se povećala nosivost helikoptera i smanjio nepovoljan utjecaj na okoliš. Osobito bi se smanjila buka.

Repni stabilizator - klasični vijčani propulzor - također bi se zamijenio prirodnim vijčanim propulzorom i time postao učinkovitiji.

9. EKONOMSKI I EKOLOŠKI ELEMENTI PRIMJENE PRIRODNIH PROPULZORA

Suvremeno gospodarenje ukupnim resursima kojima svijet raspolaže u načelu će biti ovisno o racionalnom trošenju energije i zaštiti čovjekova okoliša. U tom smislu transport u cjelini ima važnu dimenziju, kako trošenjem energije tako i drugim elementima utjecaja na okoliš. Primjena prirodnih propulzora za zamjenu postojećih vijčanih i mogućnosti konstruiranja letjelica i brodova s prirodnim propulzorima te prilagodba konstrukcije povećanoj količini kretanja (uzdužni tuneli kružnog presjeka na brodovima i

zrakoplovima) dat će vjerojatno vrlo velike rezultate koji će se očitovati u:

- smanjenju potrošnje goriva i
- povoljnijem utjecaju na okoliš zbog smanjenja potrošnje goriva za isti transportni učinak, te smanjenju buke i vibracija.

10. ZAKLJUČAK

Teorijski rezultati predloženi u ovom radu o elementima prirodne propulzije u primjeni na plovilima, letjelicama i na svim mjestima gdje se danas primjenjuju različiti ventilatori ili crpke vrlo su ohrabrujući. Stoga je neophodno nastaviti daljnja teorijska, laboratorijska i praktična istraživanja.

Kompleksnost i dugoročnost istraživanja je izrazita, posebice kada se uzmu u obzir hibridni propulzori s elementima prirodne propulzije i vode nužno u najmanje dva osnovna područja istraživanja:

- istraživanja prirodnih hidrodinamičkih propulzora i
- istraživanja prirodnih aerodinamičkih propulzora.

Uz ta istraživanja, bilo bi nužno istraživati i razvoj konstrukcija plovila i letjelica temeljenih na prirodnim, odnosno hibridnim propulzorima.

SUMMARY

NATURAL PROPULSORS

This paper deals with an as efficient as possible conversion of energy of human muscles and different types of piston and rotation engines by way of devices given the common name of propulsors, by means of specially designed surfaces which in the process of rotation create an almost maximum driving force.

The basic structure of these natural propulsors i.e. surfaces is a curve in the plane which is delineated by the particle of the matter which is due to the rotation affected by the centrifugal and tangential force i.e. their resultant as well as the curve vertical on to it.

Research of natural propulsion refers us to the research of natural excentricity or disbalance in general that may prove of influence on the design of cylinder and electric machines and have further repercussions on the design of different types and shapes of craft and vessels.

POZIVNE BILJEŠKE

1. Ove krivulje su zapravo spirale koje su poznate u matematičkoj literaturi, ali se nigdje ne spominju u grafu kao međusobno okomite.
2. Zbog ograničenog prostora u ovom radu ne iznosimo po-drobnije elemente praktične i teorijske prilagodbe.

LITERATURA

- [1] J.Br.: Aerodinamička ispitivanja. Tehnička enciklopedija, svezak 1, Zagreb, 1963.
- [2] D. GAJ: Aerodinamička sila i moment. Tehnička enciklopedija, svezak 1, Zagreb, 1963.
- [3] Su. Po., N. Mar.: Avion. Tehnička enciklopedija. Svezak 1, Zagreb, 1963.
- [4] S. ERCEGOVIĆ, A. SERTIĆ: Brod. Tehnička enciklopedija, svezak 2, Zagreb, 1966.

- [5] S. ŠILOVIĆ, A. SERTIĆ: Brod, propulzija. Tehnička enciklopedija, svezak 2, Zagreb, 1966.
- [6] V. KARABAIĆ, M. RAKAMARIĆ, A. SERTIĆ: Čamac. Tehnička enciklopedija, Svezak 3, 1969.
- [7] A. DOLENC, B. FRANČIĆ i dr.: Električni strojevi. Tehnička enciklopedija, svezak 4, Zagreb, 1973.
- [8] Z. HAZNADAR, V. PINTAR: Elektrotehnika. Tehnička enciklopedija, svezak 5, Zagreb, 1976.
- [9] N. KRŠIĆ: Jednokrilac. Tehnička enciklopedija, svezak 6, Zagreb, 1979.
- [10] B. VAJIĆ: Jedrilica, zračna. Tehnička enciklopedija, svezak 6, Zagreb, 1979.
- [11] V. BRLEK: Kompresor. Tehnička enciklopedija, svezak 7, Zagreb, 1980.
- [12] N. DUJMOVIĆ: Lebdeća vozila. Tehnička enciklopedija, svezak 7, Zagreb, 1980.
- [13] M. FANCEV: Mehanika fluida. Tehnička enciklopedija, svezak 8, Zagreb, 1982.
- [14] M. MOMIRSKI: Mehanika leta. Tehnička enciklopedija, svezak 8, Zagreb, 1982.
- [15] D. JERAS: Motori s unutarnjim izgaranjem. Tehnička enciklopedija, svezak 9, Zagreb, 1984.
- [16] J. SERDAR: Parni stapni stroj. Tehnička enciklopedija, svezak 10, Zagreb, 1986.
- [17] M. FRANIĆ i dr.: Podmornica. Tehnička enciklopedija, svezak 10, Zagreb, 1986.
- [18] S. BERNFEST i dr.: Pogonski sistemi letjelica. Tehnička enciklopedija, svezak 10, Zagreb, 1986.
- [19] F. HRANUELLI: Proračun i dimenzioniranje aviona. Tehnička enciklopedija, svezak 11, Zagreb, 1988.
- [20] M. FANCEV, K. KRANJIC: Pumpe. Tehnička enciklopedija, svezak 11, Zagreb, 1988.
- [21] I.N. BRONŠTEJN, K.A. SEMENDJAJEV: Matematički priručnik za studente i inženjere. Tehnička knjiga, Zagreb, 1991.
- [22] I. DADIĆ: Zračni bicikl "aby". Prijava Saveznom zavodu za patente br. P-1155/86. od 1.7.1986., Beograd, 1986.
- [23] I. DADIĆ: Prirodni vijčani propulzor sa ispruženim krilima. Prijava Državnom zavodu za patente Republike Hrvatske, ur.br. 559-92-1, kl.ozn. 381-03/92-04/617 od 10.12.1992., Zagreb, 1992.
- [24] M. DRELA, S. LANGFORD: Human-powered Flight. Scientific American, Vol. 253, Nr. 5, New York, 1985.
- [25] A. GROSS, A. KYLE, D. MALEWICK: The Aerodynamics of Human-powered Land Vehicles. Scientific American, Vol. 249, Nr. 6, New York, 1983.
- [26] A. BROOKS, A. ABBOT, D.G. WILSON: Human-powered Watercraft. Scientific American, Vol. 255, Nr. 6, New York, 1986.
- [27] B. WEETMAN, N. COOK, P. CONDOM: Are proppellers coming Bock - and when? Interavia, English edition, Nr. 6, New York, 1985.

OSNOVNE ZNAČAJKE JAVNOG PODUZEĆA ROBNI TERMINAL JANKOMIR

Kapaciteti su poduzeća 20 000 m² zatvorena prostora, 60 000 ekvivalentnog ekvivalentnog prostora, 60 000 m² otvorenog ekvivalentnog prostora, 60 000 m² prekrivenog ekvivalentnog prostora. Osim osnovne djelatnosti, Robno-transportni terminali, u kojima je smještena CARINA i međunarodni promet, nisu poduzeća. U poslovnom su objektu restorana, dva bufeta i slobodna carinska prodavaonica. U Robnom je terminalu zaposleno 228 radnika, koji ne stoje svojim poslovnim partnerima maksimalno kvalitetno pružili sve usluge iz djelatnosti tada poduzeća.

Robna je priprema i otpremu robe klasičnim i suvremenim prijevoznim sredstvima za potrebe tuzemnoga i međunarodnoga prometa. Osim osnovne djelatnosti, Robno-transportni terminali, u kojima je smještena CARINA i međunarodni promet, nisu poduzeća. U poslovnom su objektu restorana, dva bufeta i slobodna carinska prodavaonica. U Robnom je terminalu zaposleno 228 radnika, koji ne stoje svojim poslovnim partnerima maksimalno kvalitetno pružili sve usluge iz djelatnosti tada poduzeća.

Poduzeće Robni terminal Jankomir posluje od 1983. godine, a odlukom Skupštine grada Zagreba od 1980. godine organizirano je kao javno poduzeće. Smješteno je na 65 ha u industrijskoj zoni zapadnoga dijela grada ZAGREBA, između prometnice što povezuje Zagreb-Ljubljana i željezničke pruge Zagreb-Ljubljana; na izlazu iz gradske lokacije u lokalnom medunarodnom prijevozu, jer je u neposrednoj blizini grada i križnja dvaju magistralnih prometnih smjerova sjever-jug i istok-zapad.

Osnovna djelatnost poduzeća, ROBNO - TRANSPORTNOGA CENTRA, usmjerena je na prihvat, prekratanje i skladištenje robe. RADNA JEDINICA SKLADIŠTENJA, POKRIVALA I PRIJEVOZA ROBE. 2. RADNA JEDINICA OTPRERMIŠTVO I TRANSPORT. 3. RADNA JEDINICA TRGOVINA I UOSTRITELJSTVO.

JANKOMIR 22 • ZAGREB • HRVATSKA • DIREKTOR: 157 517, 156 729, 156 992 OSNIVAČ SLOBODNE GOSPODARSKÉ ZONE ZAGREB