

DVOSTROJNA PLOVILICA SA UZGONSKIM PROPULZOR-TRUPOM

Oblast tehnike iz koje je pronalazak

Ovo je pronalazak kojim se daje jedno rešenje problema brzog kretanja po vodi; pripada, dakle, u oblast vodenog saobraćaja.

Tehnički problem koji se rešava

Kako je već rečeno, dvostrojna plovilica koja je predmet ovog pronalaska predstavlja jedno novo rešenje problema brzog kretanja po površini vode, i to uz dobra svojstva plovilice u pogledu nosivosti, stabilnosti i manevarskih mogućnosti, s tim što ovakva svojstva dvostrojna plovilica ima kako pri velikim tako i pri malim brzinama.

Problem velike brzine kretanja po površini vode svodi se najvećim delom na problem prilagođavanja trupa (tj. njegovih spoljašnjih karakteristika) svim svojstvima vode. Vrlo važna svojstva vode su nestišljivost i inercijalnost njene mase. Zbog nestišljivosti i inercijalnosti ispoljava voda prema telima, koja se u odnosu na nju kreću velikom brzinom, izvesnu "čvrstoću", "tvrdoću" (dajemo tom ispoljavanju naziv "inercijalna čvrstoća vode"). I u vrlo jednostavnim primerima moguće je zapaziti ispoljavanje inercijalne čvrstoće vode (kada ruku sasvim polako provlačimo kroz vodu, tada se ispoljava fluidnost i težina vode, tj. voda se lako smiče iz prostora u koji ruka ulazi i trenutno popunjava prostor iz koga ruka izlazi, a ruka pri tome ne oseća gotovo nikakav otpor vode; kada ruku kroz vodu provlačimo vrlo brzo, usled inercijalnosti voda ne popunjava trenutno prostor iz koga ruka izlazi, iza ruke se stvaraju vrtlozi, a na samoj površini i udubljenje, dok se ispred ruke na površini vode pojavljuje ispupčenje, talas, ruka oseća vrlo velik otpor vode; a kada rukom vrlo snažno udarimo po površini vode, tada vrlo snažno osetimo inercijalnu čvrstoću vode).

Kako je poznato, otpor koji voda pruža kretanju trupa sastoji se od dva osnovna otpora, otpora trenja i otpora koji potiče od inercijalne čvrstoće vode a koji se manifestuje kao razlika pritisaka na prednji i zadnji deo trupa. Za ovaj drugi osnovni otpor se u našoj terminologiji koristi naziv "otpor forme" ili "otpor oblika", a tzv. "otpor valova" je komponenta tog otpora (otpora forme); zbog načina na koji se taj osnovni otpor manifestuje (razlika pritisaka), ispravniji naziv bi bio "pritisak-otpor" (što su npr. Nemci i učinili dajući tom otporu naziv "Druckwiderstand"); a s obzirom na osnovni uzrok, ovde ćemo za taj osnovni otpor koristiti naziv "otpor inercijalne čvrstoće vode" ili kraći naziv "inercijalni otpor".

Zbog inercijalne čvrstoće vode, smicanje vodene mase iz prostora u koji uronjeni deo trupa ulazi i popunjavanje vodom prostora iz kog uronjeni deo trupa izlazi vrši se sve teže što je brzina plovidbe veća - sa povećavanjem brzine plovidbe inercijalni otpor vode raste progresivno (a manifestuje se i stvaranjem valova, otuda za jedan deo tog otpora naziv "otpor valova").

Stanje tehnike

Zbog toga što inercijalni otpor vode raste progresivno sa povećavanjem brzine, u cilju postizanja velike brzine plovidbe pribeglo se sledećem rešenju: umesto da se smiče vodena masa iz putanje trupa (a za brzo kretanje vodena masa u putanji trupa je inercijalno čvrsta) - smiče se trup iz takve putanje. To smicanje trupa vrši se njegovim izdizanjem nad vodu, tj. trup se iz putanje koja je ispunjena inercijalno čvrstom vodom podiže u višu putanju koja je ispunjena vazduhom koji zbog stišljivosti i male gustine nije inercijalno čvrst i pruža daleko manji otpor kretanju plovila. Izdizanje trupa se primenjuje kod hidrokrilnog broda i kod lebdilice (overkrafta):

- Kod hidrokrilnog broda smicanje (izdizanje) trupa se vrši hidrodinamičkim uzgonom koji se stvara na podvodnim krilima broda.
- Kod lebdilice (overkrafta) se izdizanje trupa vrši stvaranjem tzv. vazdušnog jastuka ispod trupa.

I kod dvostronjne plovilice koja je predmet ovog pronalaska predviđa se izdizanje trupa, ali samo u optimalnoj meri, izdizanje srazmerno brzini plovidbe. Kao i kod hidrokrilca (hidrokrilnog broda), izdizanje se vrši uzgonom, ali uzgonom koji se stvara na samom trupu u kom cilju je trup oblikovan tako da se na njemu stvara dinamički uzgon, tj. trup ove dvostronjne plovilice je jedno široko uzgonsko aerotelo.

Jedna od prednosti ovakvog načina izdizanja trupa u odnosu na onaj kod hidrokrilca ili na onaj kod lebdilice je u tome što je donja strana (koja je skoro cela ravna) tog širokog uzgonskog aerotela (tj. trupa plovilice) stalno oslonjena na vodu pa je ovakvim rešenjem inercijalna čvrstoća vode iskorištena kao pozitivan činilac, ne samo za izdizanje trupa u optimalnoj meri, već kao pozitivan činilac po pitanju stabilnosti i nosivosti, a i po pitanju manevarskih sposobnosti plovilice.

Kod hidrokrilca i lebdilice, izdizanje trupa, tj. smicanje trupa iz putanje u kojoj je inercijalno čvrsta voda u višu putanju, kao rešenje problema brzog kretanja nad vodom je rezultat uskopraktičkičkog napipavanja rešenja bez jasne spoznaje prave teorijske osnove rešenja. Zbog toga nije čudno što hidrokrilac i lebdilica predstavljaju samo delimično zadovoljavajuća rešenja, što ta rešenja nisu dovoljno dobra ni po pitanju nosivosti, ni po pitanju stabilnosti, ni po pitanju manevarskih sposobnosti, pa čak ni po pitanju brzine.

Međutim, nije dovoljno samo to da trup plovilice bude široko uzgonsko aerotelo; to je neophodno ali ne i dovoljno za potpunu prilagođenost trupa inercijalnoj čvrstoći vode. Naime, pored ovog (prvog) uslova (koji je ispunjen time što je trup široko uzgonsko aerotelo) za potpunu prilagođenost **neophodno je još da onaj deo trupa preko koga se vrši pritisak plovilice na vodu** (a to je donja oplata trupa, koja je skoro cela ravna) **bude propulzivan, propulzivno aktivan**. Za potpunije razumevanje ovog uslova poslužimo se analogijom. Na primer, gusenice tenka predstavljaju propulzivni deo ovog transportnog sredstva; pritisak tenka na podlogu vrši se preko tog propulzivnog dela tenka (površina gusenica je velika, tj. gusenice su široke, da se pritiskom gusenica na podlogu ne bi vršilo propadanje tenka u rastresitu podlogu).

Skoro celu donju stranu trupa dvostronjne plovilice zahvataju dve široke beskrajne trake koje se u toku plovidbe kreću unazad u odnosu na trup, sprema te beskrajne trake iz trupa izlaze a na zadnjem kraju u trup ulaze; brzina beskrajnih traka u odnosu na trup je po intenzitetu jednaka brzini plovidbe ili je veća od nje, tako da je relativna brzina beskrajnih traka u odnosu na vodu jednaka nuli ili je negativna (u kom slučaju je trenje između vode i beskrajnih traka propulziono). Slično kao gusenice kod tenka, te beskrajne trake predstavljaju propulzivni (propulziono aktivni) deo trupa, propulzivni deo oplata trupa; pritisak

težine plovilice na vodu vrši se preko tog propulzivnog dela oplata trupa. Time što je donja oplata trupa propulzivna ispunjen je i drugi uslov za potpunu prilagođenost trupa plovilice inercijalnoj čvrstoći vode. Dalje, bočne strane trupa su ravne i međusobno paralelne pa na okvašene delove bočnih strana može da deluje jedino otpor trenja (koji ne može predstavljati prepreku postizanju velike brzine plovidbe).

Dakle, trup ove dvostrojne plovilice je široko uzgonsko aerotelo sa ravnim i međusobno paralelnim bočnim stranama i sa propulzivnom donjom oplatom (za propulzivnu oplatu koristimo i naziv "propulzor-oplata", a za ceo ovaj trup naziv "propulzor-trup"). Takvom trupu voda ne pruža nikakav direktni inercijalni otpor, već naprotiv, primenom ovakvog trupa postaje inercijalna čvrstoća vode pozitivan činilac za ostvarivanje brzog kretanja po vodi a uz dobra svojstva stabilnosti, nosivosti i manevarskih sposobnosti plovilice. Naime, inercijalni otpor (tj. otpor forme čija jedna komponenta je tzv. otpor valova koji se u brodarstvu tretira kao glavni uzrok nemogućnosti brze plovidbe klasičnih plovila) degeneriše se kod ove dvostrojne plovilice u silu $G \sin \alpha$ koja se, pri velikim brzinama plovidbe, sa povećavanjem brzine sve više smanjuje i pri nekoj određenoj brzini postaje jednaka nuli (ovde nam G označava razliku težine plovilice i zbira aerodinamičke komponente uzgona i hidrostatičkog potiska na deo trupa ispod površine vode; u toku kretanja plovilice je prednji zakrivljeni deo trupa ceo iznad površine vode, a ravni deo propulzor-oplate zaklapa sa horizontalnom ravni oštar ugao α ; usled kretanja, pošto je trup uzgonsko aerotelo, dolazi do smanjenja vazdušnog pritiska iznad gornje oplata trupa pa otuda potiče aerodinamička komponenta uzgona; brzini pri kojoj otpor $G \sin \alpha$ postaje jednak nuli dajmo naziv "granična brzina" i označimo je sa v ; pri toj brzini je i ugao α jednak nuli; ugao α se, logično, sa povećavanjem brzine sve više i više smanjuje).

Prostorni položaj trupa plovilice u toku plovidbe prikazan je na sl.5, uprošćeno je prikazan bočni izgled trupa jednom konturnom linijom, s tim što podebljani deo te konturne linije (donji deo) predstavlja propulzor-oplatu, a površina vode je predstavljena pravom p (kako se vidi, prikazan je samo trup, bez gornjeg stroja plovilice)... Važno je uočiti da je dinamičkom (inercijalnom) pritisku vode izložena samo donja strana trupa, tj. ravni deo propulzor-oplate (i zanemarljivi deo zadnjeg zakrivljenog dela te oplata); dakle, inercijalni pritisak vode na trup je zaista pozitivno dejstvo, dejstvo kojim se trup istiskuje iz vode (što je jedan od preduslova za postizanje velike brzine plovidbe). Sada možemo da preciziramo: delimično se (uzgonom, izdizanjem) smiče trup iz vodene putanje, a delimično se smiče voda (pod pritiskom propulzor-oplate, tj. težine plovilice); smicanje trupa je tim veće, a smicanje vode tim manje, što je brzina plovidbe veća... Ovo o smicanju možemo opisati i drukčije. Naime, ukupni uzgon možemo tretirati kao zbir ukupnog inercijalnog pritiska vode na propulzor-oplatu i aerodinamičke komponente uzgona; očito je da mora biti ukupni uzgon tim veći, a ugao α tim manji, što je brzina plovidbe veća... Sa povećavanjem brzine plovidbe stalno se povećava ukupni uzgon; međutim, unutar tog stalnog povećavanja ukupnog uzgona, kada se brzina plovidbe približava graničnoj brzini, doprinos ukupnog inercijalnog pritiska vode ukupnom uzgonu se smanjuje, dok se doprinos aerodinamičke komponente uzgona povećava, na graničnoj brzini je inercijalni pritisak vode jednak nuli a ceo uzgon je aerodinamički (tj. aerodinamički uzgon je jednak težini plovilice).

Poznato je da je, prilikom letenja letilice na vrlo malim visinama, uzgon znatno povećan (povećan u odnosu na onaj uzgon koji na letilicu deluje prilikom letenja istom brzinom i sa istim napadnim uglom, ali na većoj visini); to je tako zato što se, prilikom letenja na vrlo maloj visini, ispod letilice stvara tzv.

dinamički vazdušni jastuk, a stvara se zbog blizine ekrana (tj. površine tla, odnosno površine vode). Na ovoj zakonitosti zasnivaju se rešenja za specijalne letilice za letenje na vrlo malim visinama, rešenja za tzv. ekranoplane.

Pri graničnoj brzini (v''), kako je već istaknuto, aerodinamički uzgon je jednak težini plovilice, a ugao α je jednak nuli. Tada je moguće ostvariti odlepljivanje trupa od vode tako da se plovilica dalje kreće kao ekranoplan.

Problem propulzije kod ove dvostrojne plovilice nije rešen samo propulzionim trenjem na propulzor-oplati, već se propulziona sila u većoj meri ostvaruje dejstvom aerodinamičkih propulzora (propelera). A problem kormilarenja je rešen primenom aerodinamičkih kormila, mada se taj problem delim rešava i time što trup ima dve beskrajne trake (l i l'). Uzgonski propulzor-trup je donji stroj plovilice, a aerodinamički propulzori i kormila čine gornji stroj. I lebdilicu možemo tretirati kao dvostrojno transportno sredstvo, trup sa ventilatorima za stvaranje vazdušnog jastuka kao donji stroj, a aerodinamičke propulzore i kormila kao gornji stroj. Međutim, za razliku od dinamičkog vazdušnog jastuka kod ekranoplana, vazdušni jastuk kod lebdilice (koji se održava zatvorenom brzinomskom vazdušnom zavesom) je statičan i ne predstavlja dovoljno dobar oslonac za trup, a time su znatno smanjene manevarske mogućnosti lebdilice; gornji stroj lebdilice je prilagođen tim smanjenim manevarskim mogućnostima. Nasuprot tome, oslanjanje trupa dvostrojne plovilice na inercijalno čvrstu vodenu podlogu, i to preko dvodelne propulzivne oplata, čini osnovu velikih manevarskih mogućnosti dvostrojne plovilice; njen gornji stroj je prilagođen za iskorišćavanje tih velikih manevarskih mogućnosti.

Očito je da ova dvostrojna plovilica, po spoljašnjim karakteristikama svog uzgonskog propulzor-trupa, predstavlja takvo plovno sredstvo koje je pogodno i za plovidbu malom brzinom.

Prema tome, dvostrojna plovilica sa uzgonskim propulzor-trupom predstavlja takvo rešenje problema vrlo brzog kretanja po vodi da ona (dvostrojna plovilica) objedinjuje mnoga dobra svojstva vrlo različitih transportera: hidrokrilca, lebdilice, plovila pogodnog za male brzine plovidbe, kopnenog transportera guseničara i ekranoplana.

U cilju jednog idejnijeg sagledavanja ovog problema, pozabavimo se stanjem tehnike još malo (neka ponavljanja su neizbežna).

Iako živimo u svetu velikih brzina u raznim granama saobraćaja, u vodenom saobraćaju su brzine još uvek vrlo male. Zbog takozvanog otpora valova naročito teško je ostvariva velika brzina kretanja po površini vode (dok je na većim dubinama brzo kretanje znatno lakše jer na većim dubinama otpor valova nije moguć)... Dosad se smatralo da je za postizanje veće brzine u vodenom saobraćaju neophodno potpuno odvajanje plovila od površine vode, i to: ili zaronjavanjem do dubine na kojoj kretanje kroz vodu ne izaziva stvaranje valova, ili potpunim izdizanjem tako da ceo trup plovila bude iznad površine vode. Dosad su nađena dva rešenja za potpuno odvajanje trupa od vode izdizanjem; kako je već ranije navedeno, izdizanje trupa imamo kod hidrokrilca i kod lebdilice.

Jedan celovit pregled stanja tehnike po ovom pitanju dat je u članku "Tajne brzine" u knjizi "Fizika u borbi" pa je zato ovom opisu priložena kopija tog članka (prevod s ruskog). Ovde, pak, navodim samo nekoliko delova iz tog članka (one delove koji predstavljaju najidejnije pronalazačke podsticaje):

"Brzina, nosivost i plovnost broda neraskidivo su povezane jedna s drugom..."

"Ima takvih stručnjaka hidrodinamičara koji objašnjavaju "Grejev paradoks" time što veći deo delfinovog tela učestvuje u stvaranju pokretačke sile koja obezbeđuje njegovo plivanje u vodi potrebnom brzinom. Oni ukazuju da telo životinje istovremeno vrši funkciju "trupa" i "pokretačkog uređaja" (propulzatora)..."

"Interesantan je već i sam fakat što se stručnjaci brodograditelji obraćaju ne samo hidrodinamici i fizici u širem smislu, nego i susednim naučnim oblastima, među njima i biologiji, tražeći rešenje ovog problema. On svedoči o kritičnoj situaciji koja je nastala u ovoj oblasti (u inostranstvu?!). Nije isključeno da radi rešavanja "krize brzine" treba konstruisati čak i takve brodove koji neće biti pasivna tela oko kojih struji voda, nego koja će moći da aktivno deluju na mase vode koje ih okružuju i da regulišu procese koji se u njima odigravaju radi snižavanja otpora."

"Krizna brzina" u vodenom saobraćaju je fakat. Za pravilnu ocenu vrednosti rešenja koje se daje pronalaskom "Dvostronjna plovilica sa uzgonskim propulzor-trupom" potrebno je taj fakat o krizi brzine imati na umu istovremeno sa sledećim činjenicama:

- Postoji vrlo velika ekonomska i vojna zainteresovanost za prevazilaženje "krize brzine", i to zainteresovanost velikog broja vrlo moćnih društvenih činilaca širom sveta.
- Teorijska mehanika, a posebno mehanika fluida, daju potpunu teorijsku osnovu za izradu primenjene teorije brzog kretanja po površini vode, a takva teorija je neophodna ("Ništa nije praktičnije od teorije" - Boltzmann).
- Za postojeće tehničko-tehnološke mogućnosti realizacije rešenja (kada rešenja bivaju nađena i usvojena), tj. izgradnja plovilice za brzo kretanje po površini vode, ne predstavlja nikakvu teškoću.

Znači, već više od pola veka postoje svi objektivni preduslovi (društvena potreba i zainteresovanost, fundamentalna naučna osnova, tehničko-tehnološke mogućnosti realizacije pronađenih rešenja) za prevazilaženje krize brzine u vodenom saobraćaju, a rešenje ipak nije bilo nađeno.

Na kraju, treba opisu stanja tehnike dodati još jedan detalj. U vezi sa primenom beskrajne trake kao propulzor-oplate čijim se propulzionim trenjem sa podlogom po kojoj se kretanje vrši stvara propulziona sila transportera, treba ovde reći da je takva primena beskrajne trake već ostvarena, ali ne u vodenom saobraćaju; u zadnjih desetak godina (u SSSR-u) u upotrebi su motorne sanke čija se konstrukcija zasniva upravo na ovakvoj primeni beskrajne trake.

Opis rešenja tehničkog problema

Uzgonski propulzor-trup je, u stvari, kombinovano uzgonsko aerotelo (tj. kombinovano uzgonsko propulzor-aerotelo). Naime, trup ove dvostronjne plovilice je sastavljen od dva identična uzgonska

propulzor-aerotela, i to bočnim spajanjem istih. Dakle, tehnička osnova trupa je uzgonsko propulzor-aerotelo, a ono je na crtežu prikazano na sl. 1. Tri ortogonalne projekcije cele dvostronjone plovilice prikazane su na sl.2, sl.3 i sl.4; a prikaz na sl.5 namenjen je teorijskim razmatranjima.

Za opisivanje rešenja biće iskorišten tekst opisa od 19. oktobra 1978. godine (kopija tog teksta u kome je izvršeno nekoliko sitnijih ispravki).

Najpre će ovde biti opisano uzgonsko propulzor-aerotelo.

Bočne oplata 2 uzgonskog propulzor-aerotela l-8 su izvana ravne, a te ravnine bočnih oplata međusobno su paralelne (nije neophodno da baš cele bočne strane budu ravne i međusobno paralelne, već je dovoljno da ravnini i međusobno paralelni budu samo oni delovi bočnih strana koji u toku plovidbe bivaju okvašeni). Dalje, bočne oplata 2 imaju oblik uzgonskog aeroprofila, a duž svojih gornjih rubova bočne oplata su spojene sa aeroprofilno zakrivljenom gornjom oplatom 3, pa bočne oplata 2 i gornja oplata 3 zajedno čine nepropulzionu (otpornu) oplatu 2-3 uzgonskog aerotela l-8. Jednom pregradom, pregradom 4, unutrašnjost aerotela l-8 podeljena je na dva dela, gornji i donji; u donjem delu je mehanizam propulzor oplata 1. Oplata 2-3 i pregrada 4 čine jedinstvenu konstrukcijsku celinu, a ta celina 2-4 daje aerotelu l-8 potrebnu čvrstinu (tj. predstavlja konstrukcijsku osnovu aerotela).

Kako je već rečeno, donja oplata 1 uzgonskog aerotela l-8, sve od prednjeg ruba gornje oplata 3 pa do njenog zadnjeg ruba, je propulzor-oplata. Propulzor-oplata 1 je, u stvari, donji deo jedne široke beskrajne trake koja svojom širinom zahvata ceo razmak između bočnih oplata 2 i koja je zategnuto postavljena na dva valjka, na valjke 5 i 6, dok se preostali deo te zategnuto postavljene beskrajne trake (tj. njen gornji deo) proteže kroz unutrašnjost aerotela, s tim što je put tog protezanja određen pomoću više vodiličnih vratila 7. Ose ovih valjaka i vodiličnih vratila su međusobno paralelne i normalne su na ravni bočnih oplata 2.

Na propulzor-oplati 1 uočavamo njen prednji cilindrično zakrivljeni deo (na valjku 5), njen zadnji cilindrično zakrivljeni deo i njen ravni deo (od valjka 5 do valjka 6). Za propulziono dejstvo propulzor-oplata 1 na vodu, motor (koji je u unutrašnjosti, u gornjem delu aerotela) obrće pogonsko vratilo 8, a sa ovog vratila rotacija se (izvana a pomoću prenosnog mehanizma koji na crtežu, da bi prikazivanje bilo što jednostavnije, nije prikazan) prenosi na mehanizam propulzor-oplata 1. Tako se, pod dejstvom motora, valjci 5 i 6 obrću oko svojih osa, a propulzor-oplata 1 "izvire" iz aerotela kod prednjeg ruba gornje oplata 3, dok kod njenog zadnjeg ruba propulzor-oplata 1 u aerotelo "uvire".

Propulzor-oplata 1 ne pritišće rubove oplata 2-3, već između propulzor-oplata 1 i rubova oplata 2-3 postoje zazor, i to vrlo uski zazor. Da bi se sprečilo da kroz te zazor u unutrašnjost aerotela prodire voda, u prostoru između propulzor-oplata 1 i pregrade 4 (tj. u donjem delu aerotela) održava se stalno povišen pritisak vazduha, i to tako što se u taj prostor, kroz odgovarajuće cevi a od kompresora koji je (zajedno sa motorom) iznad pregrade 4, stalno dovodi komprimirani vazduh; količina vazduha koja se od kompresora dovodi jednaka je količini koja kroz zazor ističe napolje.

Na redu je teorija kretanja uzgonskog propulzor-aerotela.

Uzgonsko propulzor-aerotelo 1-8 je i samo za sebe plovilica. A najvažnija svojstva dvostronje plovilice sa uzgorskim propulzor-trupom potiču direktno od svojstava ovog aerotela, pa je zato neophodno da se najpre pozabavimo upravo ovim uzgorskim propulzor-aerotelom kao plovilicom.

Ukoliko brzina kretanja uzgorskog propulzor-aerotela po vodi nije suviše mala, tada ono u kretanju po vodi ima takav položaj da je prednji zakrivljeni deo propulzor-oplate 1 ceo iznad površine vode, a okvašen je njen ravni i zadnji zakrivljeni deo. Takav položaj uzgorskog propulzor-aerotela kao plovilice prikazan je na sl.5 (na toj slici prikazan je bočni izgled aerotela, i to samo konturnom linijom, s tim što je deblje izvučen onaj deo te konturne linije koji predstavlja propulzor-oplatu 1; a površina vode je predstavljena pravom p).

Kretanje uzgorskog propulzor-aerotela kao plovilice tretiramo ovde kao složeno kretanje. Takav tretman kretanja aerotela 1-8 ne pretsktavlja nikakvu proizvoljnost, već predstavlja prilagođavanje činjenici da je kretanje aerotela 1-8 kao plovilice stvarno složeno kretanje. To prilagođavanje stvarnoj prirodi problema ogleda se u tome što su za koordinatne ose (x i y) uzeti oni pravci u kojima se vrše kretanja od kojih je složeno kretanje aerotela 1-8. Za x-osu uzeta je simetrala ravnog dela propulzor-oplate 1 (i to uzdužna simetrala), dok je za y-osu uzeta prava koja je na tu ravan (na ravan ravnog dela oplata 1) normalna. Ovako izabran koordinatni sistem je vrlo pogodan za analitičku interpretaciju složenog kretanja aerotela 1-8, odnosno za analitičku interpretaciju delovanja sila u tom složenom kretanju; čemu je upravo - kako je već rečeno - namenjen i prikaz na sl.5.

Aerotelo 1-8 kao plovilica kreće se brzinom v u pravcu x-ose (sl.5), tj. u pravcu x-ose kreće se po vodenoj kosini koja sa slobodnom površinom vode zaklapa ugao α , i istovremeno translatorno propada (tone, prodire) u vodenu masu brzinom $v \cdot \text{tg}\alpha$. Ali, i samo kretanje u pravcu x-ose je složeno kretanje; složeno je, zapravo, kretanje propulzor-oplate 1. U pravcu x-ose vrše se, naime, sledeća tri relativna kretanja ravnog dela propulzor-oplate 1: prvo, kretanje u odnosu na nepropulzionu oplatu 2-3 (intenzitet brzine ovog relativnog kretanja označimo sa V), drugo, klizno kretanje unazad u odnosu na vodu (intenzitet brzine ovog relativnog kretanja označimo sa v'), i treće, neklizno kretanje (prostiranje) po vodi u smeru napred (brzinom v). Brzina nekliznog prostiranja propulzor-oplate po vodi je, u stvari, brzina aerotela 1-8 kao plovilice; tj. kretanje aerotela 1-8 po vodenoj kosini ostvaruje se nekliznim prostiranjem njegove propulzor-oplate.

Brzina V , brzina koju propulzor-oplata gonjena motorom ima u odnosu na samo aerotelo, mora se na neki način (i to celim svojim intenzitetom) ispoljavati i u odnosu na fluidnu sredinu u kojoj se aerotelo nalazi; a ispoljava se dvojako (u napred opisanom složenom kretanju propulzor-oplate u odnosu na x-osu): kao brzina klizanja unazad (v') i kao brzina nekliznog prostiranja napred (v). Iz ovoga sledi da za brzine V , v' i v (odnosno za intenzitete tih brzina), a uz pretpostavku da je propulzor-oplata 1 jedini propulzor aerotela 1-8, mora važiti veza

$$V = v' + v. \tag{1}$$

Drugim rečima, dejstvom motora ostvarena brzina V mora se u odnosu na okolinu raspodeliti na brzine v' i v . Ta raspodela, pak, vrši se pod dejstvom spoljašnjih sila na aerotelo, i to tako što svako spoljašnje dejstvo protiv brzine v' predstavlja dejstvo u prilog brzine v , i obratno (dejstvo protiv v je dejstvo u prilog

v'). Pri tome, pravilnost (zakonitost) iskazana jednačinom (1) određuje samo zbir brzina v' i v (tj. zbir njihovih intenziteta); međutim, međusobni odnos intenziteta tih brzina određen je konstrukcijskim karakteristikama propulzor-aerotela 1-8 kao plovilice, kao i odnosom gustoća vazduha i vode (jer se i samo kretanje vrši po graničnoj površini između vode i vazduha).

Sile koje deluju na uzgonsko propulzor-aerotelo kao plovilicu:

- Otpor vazduha. Ovo dejstvo sačinjavaju: čeonni otpor i uzgon (U). Čeonni otpor je dejstvo u pravcu x -ose a protiv brzine v (znači, u prilog brzine v'). Uzgon dejstvuje u pravcu y -ose a protiv sile $G \cdot \cos\alpha$ (G - težina aerotela).
- Bočno trenje, trenje na okvašenim delovima bočnih oplata 2. Ovo je dejstvo u pravcu x -ose a protiv brzine v (u prilog v'). Ovo trenje predstavlja jedino štetno dejstvo vode na aerotelo 1-8 (sila $G' \cdot \sin\alpha$ je štetna i posledica je, pored ostalog, i svojstava vode, ali se ipak ta sila ne može tretirati kao dejstvo vode na aerotelo, mada se to štetno dejstvo, kako će se kasnije videti, formalno može iskazati kao otpor vode u funkciji brzine v i ugla α). Naime, s obzirom na činjenicu da su okvačene površine bočnih oplata ravne i međusobno paralelne - to se na njima može manifestovati jedino otpor trenja (a normalna dejstva vode na okvašene bočne površine međusobno se poništavaju); dok su, sa druge strane, sva dejstva vode na propulzor-oplatu 1 - korisna dejstva.
- Propulziona trenje, trenje na propulzor-oplati 1. Pošto je prednji zakrivljeni deo propulzor-oplate ceo iznad površine vode i pošto je površina zadnjeg zakrivljenog dela mala u odnosu na površinu ravnog dela - to uzimamo u obzir samo trenje na ravnom delu propulzor-oplate 1. Ovim dejstvom se voda protivi kliznom kretanju propulzor-oplate; to je, dakle, dejstvo u pravcu x -ose a protiv brzine v' (tj. u prilog brzine nekliznog prostiranja, brzine v).
- Otpor tonjenju, otpor koji voda pruža propadanju (tonjenju, prodiranju) aerotela 1-8 u vodenu masu. Ovo je dejstvo u pravcu y -ose a protiv brzine $v \cdot \operatorname{tg}\alpha$ (sl. 5), tj. dinamički otpor tonjenju.
- Potisak (P), dejstvo po Arhimedovom zakonu a na uronjeni deo aerotela 1-8, tj. hidrostatički otpor tonjenju.
- Težina aerotela (G). Jedna komponenta težine, komponenta $G \cdot \cos\alpha$, dejstvuje u pravcu y -ose a u prilog brzini $v \cdot \operatorname{tg}\alpha$ (sl. 5); dok druga komponenta težine, komponenta $G \cdot \sin\alpha$, dejstvuje u pravcu x -ose a protiv brzine v (u prilog v').

Kada propulzor-aerotelo 1-8 plovi konstantnom brzinom, tada postoji ravnoteža sila koje na njega deluju. Ovde tu ravnotežu sila analitički iskazujemo pomoću dve jednačine: jednačinom ravnoteže sila koje deluju u pravcu x -ose i jednačinom ravnoteže sila koje deluju u pravcu y -ose.

S obzirom na činjenicu da se u slučaju propulzor-aerotela 1-8 kao plovilice radi o malim uglovima plovidbe α , to ćemo u narednim analitičkim interpretacijama sila (odnosno ravnoteže sila) koje na aerotelo 1-8 deluju - umesto $\cos\alpha$, $\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}$, $\sin\alpha$ uzimati pogodne približne vrednosti (tj. uzimaćemo

G umesto $G \cdot \cos \alpha$, $G' \cdot \operatorname{tg} \alpha$ umesto $G' \cdot \sin \alpha$, a za brzinu ploidbe uzimaćemo približnu vrednost v umesto $v \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}$. Ova pojednostavnjivanja olakšavaju nam posao, a ovde su moguća jer se njima ne menja ništa bitno.

Jednačina ravnoteže sila koje deluju u pravcu ose x:

$$\frac{1}{2} C_a LB \rho v'^2 = \frac{1}{2} C_b L^2 \operatorname{tg} \alpha \rho v'^2 + G' \operatorname{tg} \alpha + \frac{1}{2} C' BH \rho' v'^2. \quad (2)$$

Jednačina ravnoteže sila koje deluju u pravcu ose y:

$$G' = \frac{1}{2} C'' LB \rho (v \operatorname{tg} \alpha)^2 + U \quad (G' = G - P). \quad (3)$$

A kada G' iskažemo kao težinu vode zapremine $LB(h_0 - L \operatorname{tg} \alpha / 2)$, jednačina ravnoteže u odnosu na y-osu dobija oblik:

$$LB \rho g (h_0 - \frac{1}{2} L \operatorname{tg} \alpha) = \frac{1}{2} C'' LB \rho (v \operatorname{tg} \alpha)^2 + U. \quad (3')$$

U gornjim jednačinama: $C_a = 0,075 / (\log R_{ea} - 2)^2$, $R_{ea} = v' l' / \nu$, $l' = (L/\nu) \cdot v'$, $C_b = 0,075 / (\log R_{eb} - 2)^2$, $R_{eb} = Lv/\nu$, a upotrebljene oznake znače: C_a - koeficijent trenja između vode i propulzor-oplate, R_{ea} - Rejnoldsov broj za propulzor-oplatu, l' - dužina klizanja propulzor-oplate iznad neke fiksirane tačke a u toku prelaženja aerotela iznad te tačke, C_b - koeficijent trenja između vode i okvašenih delova bočnih oplata aerotela, R_{eb} - Rejnoldsov broj za okvašene delove bočnih oplata, C' - koeficijent čeonog otpora vazduha, C'' - koeficijent otpora vode (otpora koji voda pruža kretanju aerotela u pravcu y-ose), L , B i H - dužina, širina i visina aerotela 1-8, h_0 - dubina gaza mirujućeg aerotela 1-8 (kada je raspored tereta takav da je ravni deo propulzor-oplate paralelan slobodnoj površini vode), ρ - gustoaća vazduha, ν - kinematički koeficijent viskoznosti vode, g - gravitaciono ubrzanje.

Leva strana jednačine (2) predstavlja propulziona trenje. A članovi na desnoj strani predstavljaju: prvi - otpor trenja na okvašenim delovima bočnih oplata aerotela, drugi - onu komponentu sile G' koja deluje protiv brzine v (a u prilog v'), i treći - čeonog otpor vazduha.

Jednačinu (3) možemo napisati i u obliku

$$\frac{1}{2} C'' LB \rho (v \operatorname{tg} \alpha)^2 = G - (P + U). \quad (3'')$$

Izraz na levoj strani jednačine (3'') predstavlja otpor koji voda pruža tonjenju aerotela 1-8 u vodenu masu (dinamički otpor tonjenju), dok izraz na desnoj strani, kako vidimo, predstavlja razliku težine aerotela 1-8 i ukupnog uzgona koji na njega deluje (zbir hidrostatičkog potiska i uzgona tretiramo ovde kao ukupan uzgon).

Postoje dve vrednosti brzine v za koje su leva i desna strana jednačine (3'') jednake nuli. Prva takva vrednost je $v=0$ (podrazumeva se da je tada i $V=0$ i $v'=0$); tada je, razume se, $U=0$ i $P=G$, tj. nosivost aerotela 1-8 kao mirujuće plovilice zasniva se na zakonitostima hidrostatičke (statička nosivost). Drugi slučaj, pak, imamo kada je brzina plovilice tako velika da je $U=G$; tada mora biti $\alpha=0$ i $P=0$; nosivost aerotela 1-8 kao plovilice zasniva se tada na zakonitostima dinamike (dinamička nosivost).

Za onu brzinu v za koju je $U=G$ i $\alpha=0$ postaju prvi i drugi član desne strane jednačine (2) svaki za sebe jednaki nuli, što znači da tada čeon otpor vazduha predstavlja jedini otpor kretanju aerotela 1-8. I upravo u ovoj činjenici je vrednost uzgonskog propulzor-aerotela kao pronalaska, tj. u činjenici da uzgonsko propulzor-aerotelo predstavlja takvo rešenje problema kretanja po vodi da sa povećanjem brzine plovilice - otpor vode opada, da bi pri brzini na kojoj je uzgon jednak težini aerotela otpor koji voda pruža kretanju aerotela postao jednak nuli.

Rezultati prethodnih razmatranja ne ukazuju samo na vrednosti uzgonskog propulzor-aerotela kao pronalaska, već ti rezultati ukazuju i na to kako se ovo rešenje može poboljšati i dalje razviti.

Ilustrujmo sa nekoliko konkretnih proračuna vrednost propulzor-aerotela kao plovilice. A da bi računanje bilo što jednostavnije, pretpostavimo da propulzor-aerotela koja ćemo uzeti za primer nisu uzgonska, ali da im je u svemu ostalom konstrukcija ista kao kod propulzor-aerotela 1-8 (ovakvo pojednostavnjivanje možemo činiti jer je očito da uzgonsko propulzor-aerotelo mora imati bolja svojstva kao plovilica nego neuzgonsko). Za izvršavanje proračuna poslužiće nam napred dobijene jednačine, s tim što ćemo iz njih izostaviti veličinu U (jer pretpostavljamo da propulzor-aerotela koja uzimamo za primer nisu uzgonska). Osim toga, jednačine ćemo još malo transformisati, i to tako što ćemo u jednačini (2) član $G'tg\alpha$ zameniti odgovarajućim izrazom koji ćemo dobiti množenjem jednačine (3) sa $tg\alpha$; dok ćemo jednačinu (3') iskazati u formi rešenja kvadratne jednačine po $tg\alpha$. Pa za primenu u narednim proračunima imamo jednačine:

$$\frac{1}{2} C_a L B \rho v'^2 = \frac{1}{2} (C_b L^2 tg\alpha + C' L B tg^3 \alpha) \rho v^2 + \frac{1}{2} C' H B \rho' v^2$$

propulziona trenje = ukupni otpor vode + otpor vazduga

$$tg\alpha = \frac{\sqrt{g^2 L^2 + 8gh_0 C'' v^2} - gL}{2C'' v^2}.$$

Primeri:

1) Ako propulzor-aerotelo

$L = 4,5\text{m}$; $B = 4\text{m}$; $H = 2\text{m}$; $h_0 = 0,25\text{m}$, tj. $G \approx 4,5$ tona ; $C' = 0,2$; $C'' = 1,8$

plovi brzinom od 250 km/h (69,5 m/s), ukupni otpor vode iznosi oko 2500 N, a otpor vazduha oko 3900 N. A za brzinu plovilice od oko 69,5 m/s: $v' \approx 16\text{m/s}$, $tg\alpha \approx 0,02$, $tg^3 \alpha \approx 0,00001$, propulzor-oplata deluje

na vodu snagom od oko 440 kW, a još oko 66 kW se troši na "vazdušno podmazivanje", tj. na trenje između beskrajne trake i vazduha u donjem delu aerotela.

2) Ako propulzor-aerotelo

$L = 10\text{ m}$; $B = 8\text{ m}$; $H = 3\text{ m}$; $h_0 = 0,5\text{ m}$, tj. $G \approx 40$ tona ; $C' = 0,3$; $C'' = 1,8$

plovi brzinom od 215 km/h (oko 60 m/s), ukupni otpor vode iznosi oko 18000 N, a otpor vazduha oko 12000 N. A za brzinu od 60 m/s: $v' \approx 18$ m/s, $\text{tg}\alpha \approx 0,03$, $\text{tg}^3\alpha \approx 0,00003$, propulzor-oplata dejstvuje na vodu snagom od oko 1840 kW, a još oko 220 kW odlazi na vazdušno podmazivanje.

3) A ako plovilica (propulzor-aerotelo) iz prethodnog primera plovi brzinom od oko 100 km/h (blizu 30 m/s), ukupni otpor vode iznosi oko 14000 N, a otpor vazduha oko 3000 N. A za brzinu od oko 100 km/h: $v' \approx 14$ m/s, $\text{tg}\alpha \approx 0,06$, $\text{tg}^3\alpha \approx 0,0002$, propulzor-oplata dejstvuje na vodu snagom od oko 480 kW, a još blizu 74 kW se troši na vazdušno podmazivanje.

A sada možemo da nastavimo opisivanje konstrukcije dvostrojne plovilice sa uzgonskim propulzor-trupom.

Kako se sa sl.2, sl.3 i sl. 4 vidi, uzdužna vertikalna ravan kroz sredinu ove plovilice je ravan simetrije, tj. konstrukcija leve strane ove dvostrojne plovilice identična je konstrukciji desne strane, a uzajamni položaj leve i desne strane plovilice je isti kao uzajamni položaj predmeta i lika kod ravnog ogledala (ova identičnost-simetričnost olakšava opisivanje konstrukcije plovilice).

Trup ove dvostrojne plovilice, uzgonski propulzor-trup, sačinjavaju dva identična uzgonska propulzor-aerotela, aerotela 1-8 i 1'-8', koja su međusobno bočno spojena pomoću spojne konstrukcije 20. Gornja oplata spojne konstrukcije 20 sa gornjim oplatama aerotela 1-8 i 1'-8' čini jedinstvenu gornju oplatu trupa, oplatu 3". A donja oplata spojne konstrukcije 20 je na većoj visini od one na kojoj su propulzor-oplate I i I'. U gornji, prednji, središnji deo trupa ugrađena je pilotska kabina, i to tako da poklopac te kabine, poklopac 9, predstavlja jedno aeroprofilno ispuščenje na oplati 3".

Dakle, uzgonski propulzor-trup ima na svojoj donjoj strani dve propulzor oplata koje funkcionišu nezavisno jedna od druge, propulzor-oplate I i I'. Na taj način (tj. bočnim spajanjem dvaju propulzor-aerotela) ostvaren je propulzor-trup velikih manevarskih mogućnosti.

Posebni propulzori - to su propeleri 12 i 12', a mogli su, umesto njih biti upotrebljeni reaktivni motori. Dejstvuju nezavisno jedan od drugoga; mogu dejstvovati i kao kočnice (promenom smera rotacije ili odgovarajućom promenom "koraka" krakova). Međusobno su identični i simetrično su raspoređeni, jedan na levoj, a drugi na desnoj strani (dalje opisujemo samo levi, tj. propeler 12) (mogao je biti primenjen i neki drugačiji raspored: samo jedan propeler, i to, naravno, u sredini; takođe su mogla biti primenjena i dva središnja propelera, ali, naravno, jedan iza drugoga). Motor propelera 12 smešten je u kućište 11, kućište 11 pričvršćeno je na gornji kraj nosača 10, donji kraj nosača 10 pričvršćen je na oplatu 3". Energetski vodovi (kablovi za dovod el. struje, ukoliko je motor propelera elektromotor, odnosno

vodovi za dovod goriva, ukoliko je SUS motor), kao i odgovarajući delovi uređaja za prenos komandi, protežu se kroz nosač 10.

Kada je reč o posebnim propulzorima, najvažnija je činjenica da oni svojim dejstvom utiču na raspodelu intenziteta V . U vezi sa tim treba naglasiti da jednačina $V=v+v'$ važi i u slučaju kada, pored propulzor-oplata, dejstvuju i posebni propulzori, ali samo dotle dok je $V \geq v$. Dejstvo posebnih propulzora protiv čeonog otpora vazduha predstavlja dejstvo u prilog brzine v , a protiv brzine v' ; pomoću posebnih propulzora može se postići to da bude $V=v$, tj. $v'=0$. A kada je $v'=0$ tada je, naravno, i propulziono trenje jednako nuli; što znači - da je propulziono trenje zamenjeno propulzionim dejstvom posebnih propulzora. Zamena propulzionog trenja propulzionim dejstvom posebnih propulzora (tj. plovidba pri raspodeli: $V=v$ i $v'=0$) je korisna jer se time smanjuje unutrašnje trenje u mehanizmu propulzor-oplate (trenje vazdušnog podmazivanja i ostala trenja u mehanizmu propulzor-oplate). Naime, smanjenje trenja u mehanizmu propulzor-oplate je veće od štetnog trenja koje se javlja u radu posebnih propulzora. Sa druge strane, glavna vrednost funkcionisanja propulzor-oplate nije u propulzionom trenju, već je glavna vrednost tog funkcionisanja - u nekliznom prostiranju propulzor-oplate po vodi. Jer, nekliznim prostiranjem propulzor-oplate ostvaruje se potpuna eliminacija otpora vode (kada je $U=G$, tj. $\alpha=0$), odnosno ostvaruje se bitno smanjenje otpora vode (u uslovima $U < G$) uz potpunu eliminaciju onih vrsti otpora (otpor valova) zbog kojih su veće brzine ploidbe kod klasičnih brodova potpuno nemoguće.

Kormila. Sistem kormila sačinjavaju: dva prednja horizontalna kormila 15 i 15', vertikalno kormilo 17 i zadnje horizontalno kormilo 19. Nosači ovih kormila, nosači 13 i 14 kormila 15, 13' i 14' kormila 15', 16 kormila 17 i nosači 18 i 18' kormila 19, su pričvršćeni na gornju oplatu propulzor trupa plovilice, na oplatu 3"; a u njih su (u nosače) ugrađeni i delovi mehanizama za prenos upravljačkih komandi na kormila.

Kako se sa slika vidi, kormila 15 i 15' su identična i simetrično su postavljena, a ose osovina ovih kormila leže na istoj pravoj. Ova kormila dejstvuju dvojako; prvo, ako se zakreću u istom smeru, tada svojim dejstvom kormila 15 i 15' utiču na veličinu ugla α , i drugo, ako se zakreću u suprotnim smerovima, tada se ostvaruju bočni nagibi plovilice (zakretanja oko uzdužne ose).

Osovina vertikalnog kormila 17 je u ravni simetrije plovilice. Dejstvom ovog kormila ostvaruju se skretanja po pravcu (azimut-skretanja, zakreti oko vertikale).

Kako se vidi, osa osovine horizontalnog kormila 19 je horizontalna, a ravan simetrije plovilice je ujedno ravan simetrije ovog kormila. Dejstvom ovog kormila utiče se na veličinu ugla ploidbe (ugla α).

PATENTNI ZAHTEV

Dvostrojna plovilica sa uzgonskim propulzor-trupom, koja je po spoljnjim karakteristikama trupa prilagođena svim sojstvima vode, pa time i inercijalnoj čvrstoći vode, čime je omogućeno njeno vrlo brzo kretanje po vodi, naznačena time, što je trup plovilice, tj. donji stroj, uzgonsko aerotelo sa neograničeno uzdužno pokretljivom donjom oplatom i sa ravnim i međusobno paralelnim bočnim stranama, a to uzgonsko aerotelo, trup plovilice, sačinjavaju dva identična, međusobno bočno spojena uzgonska propulzor-aerotela (1-8) sa ravnim i međusobno paralelnim bočnim stranama (2) i beskrajno uzdužno

pokretnom donjom oplatom (1), a na zajednički gornju oplatu tih dvaju uzgonskih propulzor-aerotela (1-8) su pričvršćeni nosači gornjeg stroja plovilice, tj. nosači (10, 10') kućišta (11, 11') aerodinamičkih propulzora (12, 12') i nosači (13, 14, 13', 14', 16, 18, 18') aerodinamičkih kormila (15, 15', 17, 19).