

Tablica 3
SVJETSKA PROIZVODNJA ČAĐE (u kt)

Godina	Pećna	%	Kanalna	%	Ukupno
1935	16	10	144	90	160
1940	130	11,6	230	88,4	260
1945	230	47,0	260	53,0	490
1952	520	68	240	32,0	760
1960	1358	90	142	10,0	1500
1962	1460	91	140	9,0	1600
1964	1590	91	130	9,0	1720

Uljni proces sve više istiskuje ostale procese. Od uljnih čađa najviše je zastupana vrsta HAF a od plinskih vrsta SRF.

Kapaciteti za proizvodnju lampne čađe se ocjenjuju na 35 kt godišnje, od čega 10 kt otpada na USA a ostatak na Zapadnu Njemačku, Veliku Britaniju, Francusku i Jugoslaviju. Svjetska proizvodnja acetilenske čađe iznosi oko 20 kt/god.

Cijena čađe u stalnom je opadanju (osim za kanalne). Prosječna cijena kanalnih čađa za gumu kod proizvođača iznosi ~ 220 \$/t. Cijene specijalnih kanalnih čađa za boje mogu iznositi, prema kvalitetu, i do 1700 \$/t. Prosječna cijena pećnih čađa iznosi kod proizvođača ~ 175 \$/t. Ova cijena uključuje čađe vrste MT po cijeni od oko 110 \$/t i čađe SAF-HAF po 200 \$/t.

Proizvodnja čađe u Jugoslaviji datira od 1926, kada je u Bujavici kod Lipika podignuto postrojenje za proizvodnju čađe iz zemnog plina, i to u okviru tada osnovanog poduzeća »Methan« d. d. koje je bilo vlasništvo Prve hrvatske štedionice i njemačkog poduzeća »Rütgerswerke«. Zbog slabijeg kvaliteta čađe i nerazvijenosti domaće industrije gume, ova čađa nije našla primjenu kao punilo, već se na licu mjesta miješala sa smolom, pekla u reortama i pod imenom »carbon« transportirala u Njemačku, gdje se upotrebljava za izradu elektrouglja. Proizvodnja čađe za pripremu »carbona« bila je vrlo skupa i moguća jedino finansijskim i tehničkim aranžiranjem firme »Rütgerswerke«. Kada je 1932 naišla privredna kriza, njemačka firma se povukla, te je tvornica krajem godine obustavila rad.

Razvitkom gumarske industrije pojavile su se i povećane potrebe za čađom, te je tvrtka »Bat'a« iz ČSR poduzela korake da u Jugoslaviji podigne postrojenje za proizvodnju čađe, koja bi se upotrebljavala u industriji gume. Nastojalo se to ostvariti 1933, oper u Bujavici, u koju svrhu su izgrađene specijalne tunelske peći. Kod prvih pokusa nakon puštanja u pogon došlo je do eksplozije te se od produkcije odustalo. God. 1937 ponovo se prišlo radovima za podizanje postrojenja za čađu. Kako se u Bujavici već osjećala nestašica plina, odlučeno je da se novootkriveni bogati plinski izvor Gojlo spoji plinovodom s Kutinom, gdje su se iste godine izgradile nove eksperimentalne peći. Ovo postrojenje proradilo je 1938 i izrađivalo dnevno 800...900 kg plinske čađe tipa FT i MT pod imenom MTC-39 (Methan thermal carbon). Od 1940 do 1945 ova čađa proizvodila se, s manjim prekidima, približno u istim količinama, a izvozila se većim dijelom u Njemačku. 1947 obustavljena je proizvodnja čađe MTC-39 jer je vladalo mišljenje da uslijed eksploatacije plina dolazi do poremećaja naftinih slojeva u reviru Gojlo i opadanja proizvodnje nafte. U tom momentu osjetio se još veći nedostatak čađe na domaćem tržištu, tako da se na brzu ruku prišlo, također u Kutini, postavljanju postrojenja za proizvodnju lampne inaktivne čađe PCP-46 (Pacura carbon pyrogen) koja je kao sirovinu upotrebljavala mazut (ložno ulje). 1952 ovo postrojenje je iz Kutine preseljeno u Bakar kao izdvojeni pogon poduzeća »Metan«. 1954 taj se pogon otcijepio od poduzeća »Metan« i postao samostalno poduzeće pod imenom »Jugokarbon«, ali je ono 1966 obustavilo proizvodnju čađe.

Tablica 4
STRUKTURA PROIZVODNJE PEĆNIH ČAĐA U SVIJETU (u kt)

God.	Ter-mička	%	Plinska	%	Uljna	%	Ukupno
1957	64	8,0	190	23,5	556	68,5	810
1960	66	5,0	170	12,5	1122	82,5	1358
1962	60	4,0	160	11,0	1230	85,0	1450
1964	40	2,5	130	8,5	1400	89,0	1570

Kako je na tržištu rasla potražnja za kvalitetnijim čađama, koje su bile predmetom uvoza, prišlo se 1951 u neposrednoj blizini postrojenja MTC u Kutini podizanju eksperimentalnog postrojenja za proizvodnju poluaktivnih čađa iz tekućih ostataka destilacije nafte (ložnog ulja). Ovo postrojenje proradilo je 1952 i nakon izvršenih rekonstrukcija i proširenja danas proizvodi 3500 t/god. čađe.

Proizvodnja čađe u Jugoslaviji po područjima i vrstama čađe u razdoblju 1955...1964 dana je u tabl. 5.

Tablica 5

PROIZVODNJA ČAĐE U JUGOSLAVIJI OD 1955 DO 1966 (u tonama)

Godina	Tvornica čađe u Kutini					»Jugo-karbon« Bakar	Ukupno
	FT	SRF	GPF	FEF	Ukupno		
1955	310	—	480	—	790	510	1300
1960	490	370	1880	120	2860	1000	3860
1962	530	350	1950	300	3130	1050	4180
1964	550	1020	2050	120	3640	980	4620
1966	—	2000	1700	270	3970	750	4720

Novo postrojenje za proizvodnju čađe u Kutini pušteno je u pogon polovinom 1966. Kapacitet tvornice je 8 kt čađe vrste SAF, ISAF, HAF i FEF i 4 kt čađe vrste SRF i HMF. Proizvodni postupak je prema licenci američke firme J. M. Huber, Texas, USA, a primjenjuje uljni i plinski kontinuirani proces.

LIT.: R. A. Neal, G. St. Perrat, Carbon black, its manufacture, properties and uses, US Bureau of Mines, Bull. 22, Washington 1923. — I. Drogin, Development and status of carbon black, Charleston, So. Carolina 1945. — C. L. Mantell, Industrial carbon, New York 1946. — B. B. Kelyev, П. А. Теснер, Сажа. Свойства, производство и применение, Москва-Ленинград 1952. — N. Friedenstein, B. Davis, The literature of carbon black, Washington 1953. — M. L. Studebaker, Manufacture and properties of carbon black, New York 1957. — E. Ф. Беленский, И. В. Рускин, Химия и технология пигментов, Ленинград 1960. — W. R. Smith, D. C. Bean, Carbon (Carbon black) u djelu: Kirk-Othmer, Encyclopedia of chemical technology, vol. 4, New York *1964. I. Slapničar

ČAMAC, opći naziv za mali plovni objekt, pokretan veslima, jedrom ili motorom, otvoren, djelomično pokriven ili potpuno pokriven, obično ne dulji od 15 m. Veći objekti se klasificiraju kao brodovi, ali se ponekad naziv čamac primjenjuje i za veći plovni objekt, obično velike brzine i po svojstvima sličan čamcu (npr. patrolni čamci do ~150 t istisnine ili čamci s podvodnim krilima za 300 putnika).

Prema načinu pogona čamci se dijele na čamce na vesla, jedrilice i motorne čamce; prema namjeni postoje čamci za opću upotrebu, sportski čamci za natjecanja, čamci za zabavu i odmor i čamci za specijalne svrhe (ribarski, policijski, patrolni, za spasavanje itd.), a prema materijalu od kojeg su izrađeni razlikuju se drveni čamci, čamci od metala (čelični ili od lakih legura) i čamci od plastične mase.

Čamci u različitim zemljama i morima razlikuju se oblikom, materijalom i načinom gradnje; ovi faktori ovise o prilikama i o kulturnom nivou njihovih graditelja. Kako i danas ima naroda na različitim stupnjevima kulture, suvremeni čamci različitih naroda daju sliku razvoja čamca od samog njegovog početka. Npr., najprimitivnije plovilo — splav — još uvijek se upotrebljava u nekim zemljama Južne Amerike, Azije, Afrike i Australije; jednostavni plovci i čamci od pruća i pletera grade se u Africi, Boliviji, Peruu, Indiji, Tonkinu i Kini; Eskimi prave čamce od kože; čamci sašiveni od komada kore još postoje u Australiji, Sibiru i Brazilu, a jednostavnim ladvama od izdubenog debla i danas se služe domoroci u nizu nerazvijenih krajeva na svim kontinentima.

Potreba za čamcem javila se već kod prvih ljudi; oni su vodene površine svladavali debtom. Zašiljeno deblo iznutra izdubeno već je monoksilni čamac, ladva.

Prethistorijskih tragova čamaca ima malo. Najznačajniji nalaz, iz paleolitika, urezan u stijenama u švedskoj pokrajini Bohuslan, predstavlja čamac s petnaest veslača, ali bez vesala. Čamac s veslima urezan je na kamenu nađenom u Haggbyju (Upland). Prikaz ribara s harpunom u čamcu, star preko pet hiljada godina, nađen je kod Tanuma (Švedska). Neolitički nalazi nešto su češći; iz mulja su iskapani (na raznim mjestima u Evropi, a i u nas na obali i uz Savu) monoksilni čamci dugi do 15 m i široki do 1 m. Nađeni čamci iz bronzanog doba su također monoksilni dotjeranih oblika s pojačanjima-pregradama ostavljenim pri dubljenju. U Glasgowu i Parizu nađeni su čamci od dasaka spojenih bakrenim čavlima. Antički narodi ostavili su mnogo reljefa, slika i modela čamaca. Egipćani su gradili čamce od međusobno povezanih snopova papirusa, s visoko uzdignutim krajevima. Gradili su i čamce od ~1 m dugih dasaka spojenih iznutra prutovima (začetk rebara) i vezanih papirusom. Isprva su se otiskivali motkama o dno, a kasnije veslali lopaticama; za vrijeme V dinastije služe se prvim veslima. Asirci su se služili mješinama pojedinačno, a stavljali su mješine i ispod drvenih splavi;

Asirci i Kaldejci gradili su također okrugle čamce od pruća, obložene kožom premazanom bitumenom (radi nepropusnosti).

Antički grčki čamci *linter* i *cymba* bili su monoksilni; *carabus* je imao kobilicu, rebra i pasma od mekanog drva, platice oplata išle su od rebra do rebra i na njima bile zabijene čavlima, a sve je bilo obloženo kožom. *Camara* je bila velik monoksilni čamac, katkad pokriven oblim krovom od dasaka, a služila je za pirateriju.

Rimski pisci spominju također *linter*, a čamci slični *carabusu* rasprostranjeni su u to doba i po Evropi. *Ratis* je bio plosnat velik čamac upotrebljavan po cijelom Rimskom carstvu, a *horea* mali čamac s krmenim zrcalom i visokom statvom, okruglog dna i bokovima učvršćenim dvjema uzdužnim gredama.

Čamci na našoj obali sličili su čamcima Grka, s kojima su onda postojale dobre veze; bile su to isprva ladve, kasnije čamci s kosturom i oplatom, zaoštreni sprjeda i straga, pokretani veslima. Ostataka ladvi iz starog vijeka nalazi se i sada, ali su se ladve s povišenim bokovima i sve do nedavna (dvadesetih godina XX st.) upotrebljavale na Savi i Dravi, Drini, Drim, Vardaru, pa i u Primorju (otok Krk); to su bili monoksilni čamci, dugi 4-5 m, široki ~1 m, pokretani veslima (na izbočenoj gredi), a nosili su 2-3 osobe.

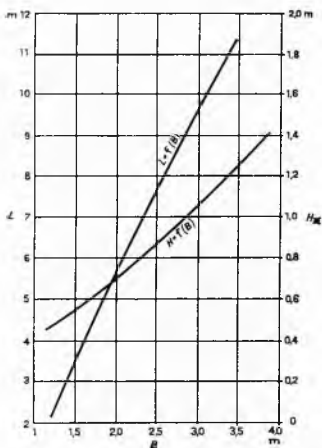
Vikinzi su gradili čamce oštih krajeva i s preklopnom oplatom, nalik na velike brodove; njihovi su čamci na sjeveru Evrope bili uzorom za gradnju čamaca, a njihov se utjecaj proširio i do naših strana.

Granicu između čamca i broda u davnim vremenima teško je postaviti; povećanjem dimenzija čamca, on je postepeno prerastao u brod (v. *Brod*, TE 2, str. 158). Gradnja brodova koristila se iskustvima gradnje čamaca, proširujući ta iskustva (v. *Brodogradnja*, TE 2, str. 424).

ČAMCI ZA OPĆU UPOTREBU

Pod tim nazivom razumijevamo ovdje »obične« čamce koji su univerzalni po namjeni (služe ribarenju, prevozu, zabavi itd.), a za njihovo pokretanje mogu služiti svi poznati načini propulzije čamaca. Oblik im može biti vrlo različit — često je karakterističan za mjesto gdje se grade — a i veličina im se kreće unutar širokih granica. Čamci dugi 2-3 m najčešće su pomoćni čamci na velikim čamcima i brodovima, čamci dugi 8-10 m služe gotovo uvijek u privredne ili neke specijalne svrhe; čamci dugi 4-7 m najbrojniji su i univerzalni u primjeni.

Dimenzije i oblik čamaca za opću upotrebu ovise o lokalnim običajima gradnje. Obično su manji čamci relativno širi

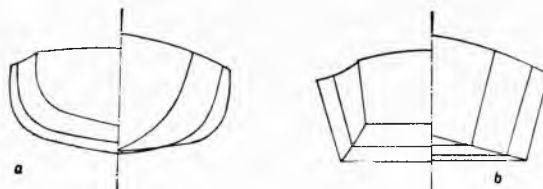


Sl. 1. Omjeri duljine, širine i visine čamaca za opću upotrebu

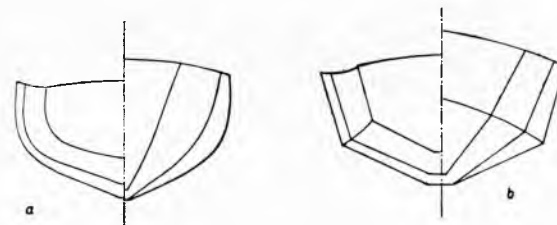
i da li su okrugle forme ili šarpi. Stabilitet U-forme je dobar, smanjuje se sa smanjenjem odnosa B/T , a raste s njegovim povećanjem, tj. to je veći što je forma plosnija (što čamac ima veću širinu i manji radijus uzvoja); najveći je kod sandučaste forme malog gaza, tj. kod horizontalnog dna sa zgibom i vertikalnim bokovima. To je forma s najvećim stabilitetom uopće, ali u osnovi i s najvećim otporom. Otpor se smanjuje povećanjem gaza i radijusa uzvoja i najmanji je kod polukružne forme (forme koja inače ima mali stabilitet); to je razumljivo na osnovu spoznaje da je kod malih brzina pretežan dio otpora otpor trenja pa manja oplakana površina pruža i manji otpor (polukružna forma ima pri određenom volumenu najmanju površinu). Maritima svojstva čamaca U-forme nisu naročito dobra, jer takav trup siječe kao klin valove, tj. prolazi kroz valove, i time troši veliku energiju (zaustavlja se); ako valovi dođu pod njega — lupaju o njegovo plosnato ravno dno i bacaju ga gore-dolje. Zbog tog svojstva kao i velikog stabiliteta (brzog oštrog vraćanja u horizontalni položaj) čamci plosnate šarpi-forme neugodno se ponašaju na moru, pa se takva forma izbjegava. Kormilo čamaca plosnatih U-formi, naročito šarpija, također nema naročite uslove za djelovanje jer takav trup vuče vodu za sobom, pa kormilo djeluje u uznemirenoj vodi koja se dijelom kreće s čamcem.

V-forme imaju manji stabilitet od odgovarajućih U-oblika; stabilitet raste s povećanjem gaza. Podvodni dio čamca oblika šarpi s V-rebrima i zgibom izvan vode ima čisti trokutni oblik, koji ima u osnovi najmanji stabilitet forme pa mu stabilitet treba povećati težinom, balastom; to se radi kod jedrilica; kod običnih čamaca neopravdano je poboljšavanje stabiliteta na taj način, oni moraju imati dovoljan stabilitet uslijed svog oblika trupa. Otpor čamaca V-oblika veći je uslijed veće oplakane površine, kod šarpi-čamaca još je povećan uslijed vrtloga koje stvara zgib; međutim, povećanje otpora u odnosu na U-formu nije naročito veliko, bar ne tako veliko da bi zbog njega bilo opravdano određiti se prednosti poboljšanih maritimnih svojstava takvog trupa. Ulaženjem V-rebara u vodu (valove) naglo raste istisnina, što uzrokuje dizanje na valu i mekano prelaženje preko valova, a nema ni lupanja o dno. U tom pogledu su šarpi-čamci nešto lošiji od V-čamaca okruglih forma. Kormilaraska svojstva čamaca V-oblika bolja su nego čamaca U-oblika zbog povoljnijeg strujanja vode uz kormilo.

Oblik čamaca za opću upotrebu kompromis je koji nastoji da zadovolji u izvjesnoj mjeri često protuslovne zahtjeve koji se tim čamcima postavljaju. Čamci kojima je namjena tačno određena mogu imati i oblik potpuno prilagođen toj namjeni — tako sportski čamci na vesla imaju malen otpor a sva ostala svojstva su im zapostavljena, jedrilice imaju dobar stabilitet i dobro ponašanje na valovima uz što manji otpor, motorni čamci imaju velik stabilitet i dobro ponašanje na valovima, a otpor im po pravilu nije tako važan jer im stoje na raspolaganju znatne propulzivne snage motora



Sl. 2. Oblik rebara čamca sličan slovu U. a Okrugla forma, b šarpi-forma



Sl. 3. Oblik rebara čamca sličan slovu V. a Okrugla forma, b šarpi-forma

— čamci za opću upotrebu, pak, zbog svoje univerzalne namjene, nemaju naglašene forme koje bi im davale neka naročito istaknuta svojstva.

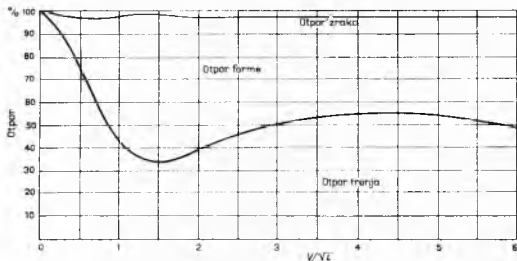
Stabilitet, otpor, propulzija i kormilarenje čamaca opće upotrebe. Za stabilitet tih čamaca vrijede ista pravila i zakoni kao i za stabilitet broda (v. *Brod*, TE 2, str. 172).

Čamci se grade po tradiciji ili po iskustvu prema postojećim čamcima. Time je redovito osiguran uobičajeni stabilitet i maritima svojstva. Ljudi u čamcu često imaju znatnu težinu prema težini čamca, pa se njihovim pomicanjem mogu znatno izmijeniti njegova svojstva stabiliteta i maritimnosti. Maritimnost malih običnih čamaca relativan je pojam: čamci se lako izdižu na velikim valovima, ali im kratki oštri valovi stvaraju poteškoće, najčešće time što ih napune vodom ako nisu posve zatvoreni.

Ako se uslijed valova ili prevelikog nagiba drveni čamac koji nije suviše opterećen napuni vodom, on pluta; plastični (i metalni) čamci imaju zatvorene zračne prostore koji im osiguravaju plutanje. Kod malih plastičnih čamaca taj se prostor obično ispunjuje laganom pjenastom materijom koja ne upija vodu, čime je osigurano plutanje i onda kad se zračni prostor probije (obično je to razmak između dvije ljuske).

Otpor običnih čamaca, jednako kao i otpor broda (v. *Brod*, TE 2, str. 186), nastaje uslijed valova što ih plovni objekt stvara (otpor forme) i trenja njegove površine o vodu (otpor trenja).

Čamci različitih oblika, različite veličine i brzine stvaraju veće ili manje valove (v. dalje: Motorni čamac) na što se troši jedan dio energije propulzije; otpor trenja, drugi glavni dio utrošene propulzije energije, kod običnih je čamaca znatan, dok su gubici uslijed vrtloga stvorenih privjescima i uslijed otpora zraka neznatni. Otpor forme i otpor trenja učestvuju nejednako u sveukupnom otporu pri različitim brzinama (sl. 4).



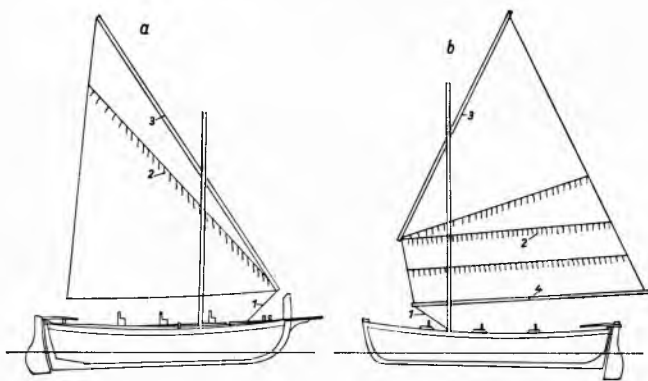
Sl. 4. Raspodjela cjelokupnog otpora čamca za različite relativne brzine

Propulzija čamaca opće upotrebe ostvaruje se veslima, jedrima ili motorom.

Vesla se izrađuju obično od drva lišćara (bukve, jasena). Duga su obično kao dvije širine čamca povećane nadvođem kad veslač vesla jednim veslom, a kao dvije širine ili kraća kad vesla dvjema veslima (»paričima«). Veslo ima na jednom kraju držak, a na drugom lopatu, proširenje, kojim se opire o vodu. Veslo se na razmi oslanja o palac ili rašlju; na većim čamcima (gajetama, leutima), gdje veslač stoji na palubi, rašlje su visoke.

Motori, najčešće vanbrodski, sve češće nadomještaju vesla za pogon običnih čamaca. Čamci opće upotrebe redovito imaju motore manje snage, do 10 KS. Svi su vanbrodski motori po pravilu dvotaktni s 1, 2 ili 4 cilindra, hlađeni zrakom ili vodom, a tjeraju se mješavinom benzina i ulja (10-10% ulja). Pričvršćeni su na zrcalu (ili konzoli ako nema zrcala) vijcima s krilnim maticama, a u vožnji s njima kormilari se tako da se čitav motor zakrene i djelovanje vijka usmjeri u željenom smjeru. Motor se može zakrenuti oko gornje ivice zrcala, tako da mu vijak izađe iz vode. Brzina običnih čamaca doseže najviše 7 čv, više im ne dozvoljava oblik trupa; za veće brzine posebno se grade motorni čamci.

Jedra su, prije uvođenja motora, bila pomoćno propulzivno sredstvo manjih čamaca a glavno većih. Veći čamci na našoj obali obično imaju latinsko jedro. Ono je trokutnog oblika, a postavlja se tako da se podigačem uz jarbol digne lantina (drvena oblica) i na pramcu pridrži oglavom (mura), a jedro visi na toj lantini.



Sl. 5. Jedra čamaca opće upotrebe na našoj obali. a Latinsko jedro (teut), b oglavno jedro (pašara); 1 oglav, 2 kratka, 3 lantina, 4 deblenjak

Jedro se skraćuje vezivanjem kratki (za tu svrhu postavljenih klopčica) oko lantine (sl. 5). Oglavna jedra, nastala od latinskog skraćivanjem dijela pred jarbolom, koriste se na našoj obali posvuda na manjim čamcima. Ona imaju uz lantinu i deblenjak (oblicu uz donji rub jedra) te kratke i oglav na deblenjaku. Oglav na oglavnom jedru služi samo za podizanje jedra, na latinskom jedru i za po-

stavljanje prema vjetru. Lantina latinskog jedra nešto je dulja od čamca, lantina oglavnog nešto kraća.

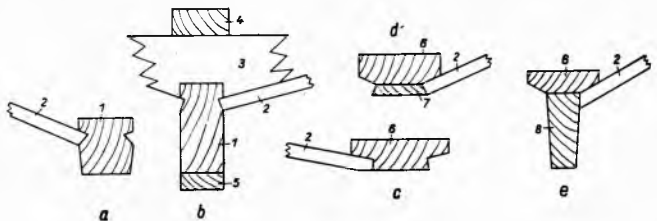
Kormilarenje čamcem, analogno kormilarenju brodovima (v. Brod, TE 2, str. 214) znači naglo mijenjanje kursa čamcu ili održavanje čamca u kursu. Čamci građeni na vertikalnoj kobilici, koja znatno viri iz oplata, vrlo dobro drže kurs, pa su im za mijenjanje kursa (u jedrenju) potrebna relativno velika kormila efikasnog oblika (visoka odnosa visine i širine). Brži čamci trebaju manje kormilo. Ponekad, kad čamac nema vertikalnu kobilicu, postavlja se pred kormilo peraja koja poboljšava djelovanje kormila.

Konstrukcija i gradnja čamaca opće upotrebe

Konstrukcija i gradnja čamca ovise o materijalu od kojeg se čamac gradi i o namjeni čamca. Glavna naprezanja na čamcu su uzdužna i u vertikalnom smjeru; manja su naprezanja poprečno-horizontalna; čamac je — kao ljuska izložena valovima i vjetru — napregnut i na torziju; svemu treba dodati naprezanja uzrokovana silama propulzije (jedrom, motorom).

Konstrukcija drvenog čamca opće upotrebe. Drveni čamac gradi se od sistema uzdužnih nosača povezanih poprečnim rebrima koja nose oplatu, po pravilu uzdužnu. (V. također Konstrukcija drvenog broda u članku Brod, TE 2, str. 279.)

Glavni uzdužni nosivi element je kobilica. Ona se obično izrađuje od jednog komada; ako drvo nije dosta dugo, spaja se lijepljenjem ili ključem. Najčešće je kobilica postavljena vertikalno



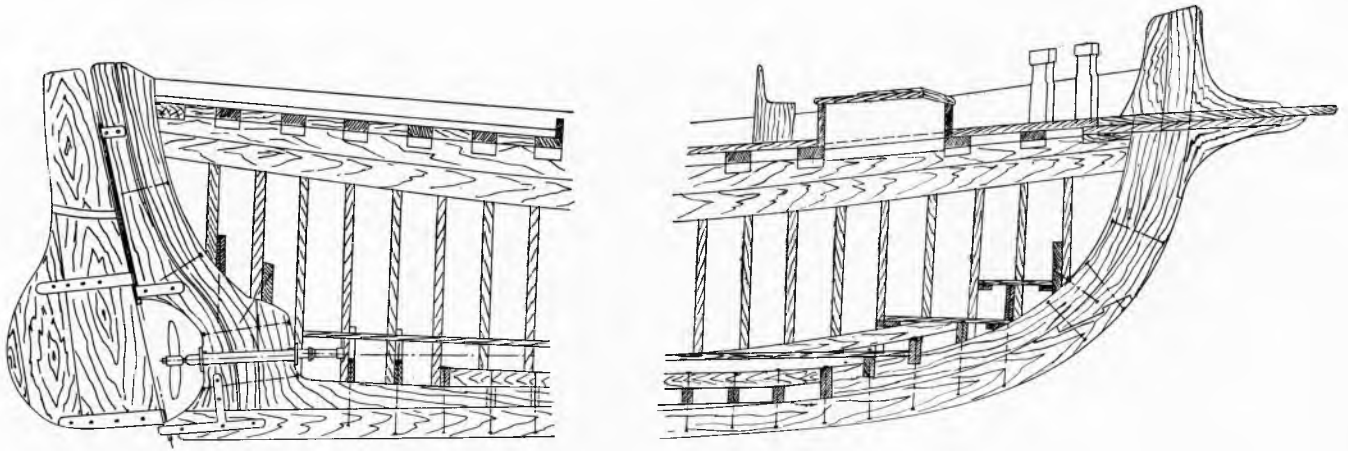
Sl. 6. Kobilica. a Vertikalna kobilica, b vertikalna kobilica s pasmom, c plosna kobilica, jednodijelna, d dvodijelna plosna kobilica, e kombinirana plosna i vertikalna kobilica; 1 vertikalna kobilica, 2 oplata, 3 rebrenica, 4 pasmo, 5 štitna kobilica, 6 plosna kobilica, 7 vanjska plosna kobilica, 8 vertikalna kobilica kao dio kombinirane kobilice

(sl. 6 a i b), ali se katkad postavlja i plosnato (sl. 6 c) i onda je zakrivljena prema obliku trupa. Kod manjih čamaca takva se kobilica često izrađuje od dva dijela: donji popunjava razmak između dokobiličnih platnica (sl. 6 d), a na gornjem dijelu leži oplata. Moguća je i kombinacija plosne i vertikalne kobilice (sl. 6 e); pri tom plosna kobilica slijedi oblik dna, a vertikalna ukružuje cijelo dno. Kobilica se obično s donje strane (od dodira s kamenjem i dnom) zaštićuje letvom (štitnom kobilicom) ili metalnom trakom. Pasma (sl. 6 b) nadopunjuje kobilični nosivi sistem; ono je postavljeno iznad rebara ili rebrenica i kroz njih spojeno svornjacima s kobilicom, a na pramcu i krmu vezano je na pramčanu ili krmenu statvu, koljeno ili krmeni masiv, tako da cijeli sistem sačinjava visok nosač (sl. 7). Pasma se, međutim, naročito kod manjih i srednjih čamaca, vrlo često izbjegava jer smeta u kaljužnom prostoru (čišćenju ili smještaju stvari) i smanjuje korisnu dubinu čamca.

Statve su jaki elementi kojima čamac završava. One su nastavak kobilice i s njome su povezane koljenima (v. sl. 7). Kao i kobilica, mogu biti od jednog komada, pa imaju utor za oplatu, ili od više među sobom spojenih dijelova. Pile se iz krivo raštenog drva, sastavljaju od više komada ili se lameliraju.

Zrcalom završavaju čamci, i veći i manji, češće nego krmenom statvom. Ono se gradi od masivnog drva, a kako je u novije doba veliko, gradi se od nekoliko slojeva masivnog drva međusobno zakovanih ili zalijepljenih, ili se lamelira. Manje zrcalo je obično ravno, veće zakrivljeno, a često se ukružuje horizontalnim »sponjama« i vertikalnim »rebrima«. Zrcalo je koljenima spojeno s podsponjakom i provezama, a posebnim jakim koljenom s kobilicom.

Rebra zajedno s rebrenicama dolje i sponjama gore čine okvire koji povezuju uzdužne nosive elemente, nose oplatu i daju čamcu poprečnu čvrstoću. Rebra čamca okrugle forme izrađuju se od krivo raštenog drva. Ako je to moguće, izreže se cijela polovica rebra iz jednog komada, a obje se polovice spajaju rebrenicom



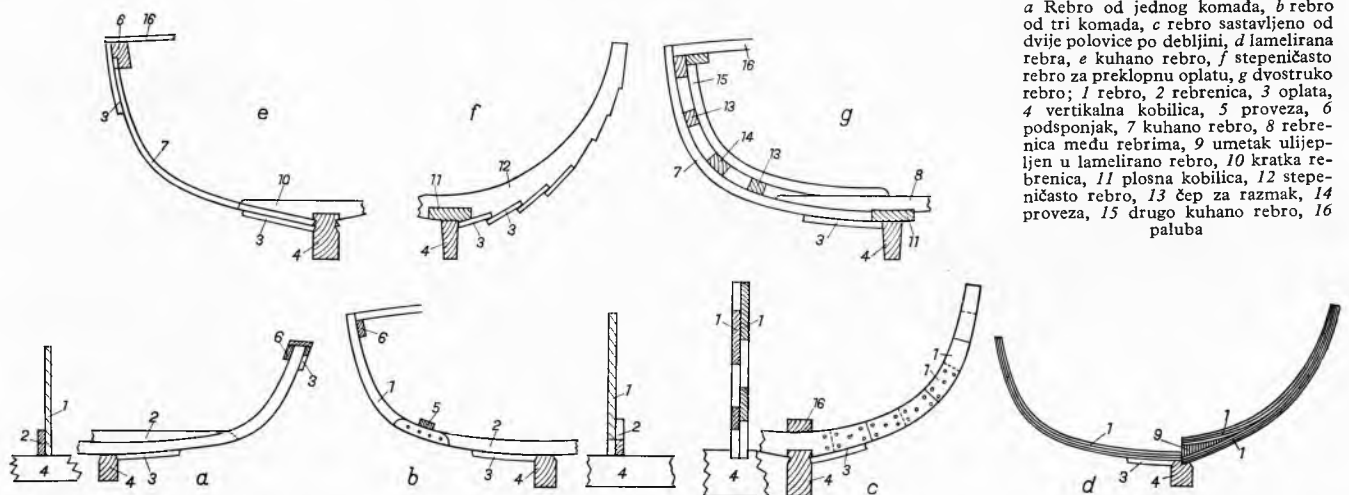
Sl. 7. Konstrukcija pramca i krme leuta dugog 11 m

koja ih ujedno spaja s kobilicom (sl. 8 a). Najčešće se rebro izradi od tri komada krivo raštenog drva; donji srednji dio preklapa se 10·20 centimetara s bočnim dijelovima rebara na uzvoju i tu se zakiva, a preko tog spoja postavlja se proveza (sl. 8 b). Veći čamci imaju rebra sastavljena po debljini od dvije polovice koje imaju poprečne sastave naizmjenice postavljene (sl. 8 c). Čvrsta rebra, slična piljenim, dobiju se lameliranjem — lijepljenjem tanjih letvi na kalupu (v. *Brod*, TE 2, str. 282). Lamelirana su

unutarnja nosi oplatu, vanjska zaštićuje zgib i čini ga bolje nepropusnim (sl. 9 e). Postoji još jednostavniji način izrade zgibnih letava (sl. 9 f): u pravokutni se urez unutarnja letva lako prilagodi, a utor za vanjsku letvu dobije se blanjanjem oplata.

Razmak među masivnim rebrima čamaca obično je 12·20 debljina vanjske oplata; kuhanih rebara ugrađuje se dvostruki broj.

Visoka rebra i rebrenice leže preko kobilice (v. sl. 8 b) i spajaju se s njom svornjacima; isto tako i kuhana rebra, ali ona katkad

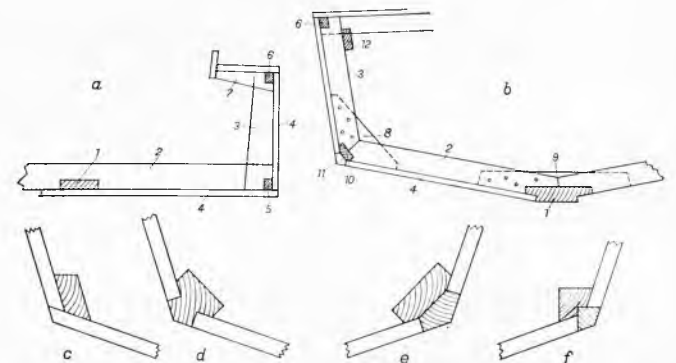


Sl. 8. Rebra čamaca za opću upotrebu. a Rebro od jednog komada, b rebro od tri komada, c rebro sastavljeno od dvije polovice po debljini, d lamelirana rebra, e kuhano rebro, f stepeničasto rebro za preklopnu oplatu, g dvostruko rebro; 1 rebro, 2 rebrenica, 3 oplata, 4 vertikalna kobilica, 5 proveza, 6 podspnjak, 7 kuhano rebro, 8 rebrenica među rebrima, 9 umetak ulijepljen u lamelirano rebro, 10 kratka rebrenica, 11 plosna kobilica, 12 stepeničasto rebro, 13 čep za razmak, 14 proveza, 15 drugo kuhano rebro, 16 paluba

rebra lakša od piljenih i mnogo čvršća, a izrađuju se u jednom komadu. Čamac se može sagraditi i s kuhanim rebrima (sl. 8 e): cijepane drvene letve zagrijavaju se u dugom zatvorenom sanduku u pari koja se dovodi iz posebnog kotlića; tako zagrijane letve postavljaju se preko širnica na kosturu čamca ili se zakivaju na oplatu unutar oplata postavljene na šablonama. U takvom se položaju rebra ohlade i onda trajno zadrže taj oblik. Često se kuhana rebra ugrađuju naizmjenice s piljenim masivnim rebrima. Čamci s preklopnom oplatom imaju najčešće kuhana rebra, ali se ona mogu izraditi i masivno, izvana stepeničasto za platice (sl. 8 f). Sreću se, ali vrlo rijetko, i čamci s dvostrukim rebrima: poprečna (kuhana) rebra nose izvana oplatu, a iznutra se, preko uzdužnih elemenata, saviju i zakuju još i unutarnja rebra, obično samo u jednom dijelu čamca (sl. 8 g).

Šarpi-čamci, nastali zbog jednostavnijeg oblika a time i jednostavnije gradnje (najviše za amatersku gradnju), imaju rebra obično od letava spojenih na zgibu preklopom ili stičnom pločom (sl. 9 b), a na kobilici rebrenicom, ili — ako čamac ima plosnato dno — rebrenica nosi bočna rebra (sl. 9 a). Zgib se uvijek učvršćuje uzdužnim zgibnim letvama koje leže u urezima u rebrima a povezuju konstrukciju čamca uzdužno i pridonose nepropusnosti spoja oplata na tom mjestu. Oplata se najjednostavnije spaja preklopom (sl. 9 c), no to je i najlošiji način spoja; zgibnu letvu s utorima za oplatu (sl. 9 d) teško je izraditi jer utori stalno mijenjaju kut, pa se zbog toga često izrađuju dvije zgibne letve:

dolaze i u utor kobilice (v. sl. 8 e). Gornji kraj rebara završava u podspnjaku (v. sl. 8 e) ili ispod njega (v. sl. 8 b); podspnjak nosi sponje, koje se često vežu i na rebra. Kratke sponje — tamo gdje paluba ima otvor ili kabinu — naslanjaju se na unutarnjem

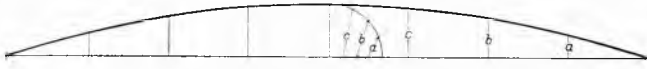


Sl. 9. Rebra šarpi-čamaca. a Rebro najjednostavnijeg čamca s ravnim dnom, b rebro uobičajene konstrukcije, c zgib s preklopom, d zgibna letva s utorima, e i f zgib sa dvije zgibne letve; 1 kobilica, 2 rebrenica, 3 rebro, 4 oplata, 5 zgibna letva, 6 podrazmena letva za bolju vezu razme s oplatom, 7 poluspjnja, 8 zgibno koljeno, 9 koljeno-rebrenica, 10 unutarnja zgibna letva, 11 vanjska zgibna letva, 12 podspnjak

kraju na praznicu otvora koja leži na posebno jakim sponjama na krajevima otvora.

Čamci se grade također s rebrima od čelika ili lakih legura (*kompozitni čamci*). Često se ugrađuje samo 6-10 metalnih rebara na srednjoj polovici čamca, a među njima su kuhana rebra.

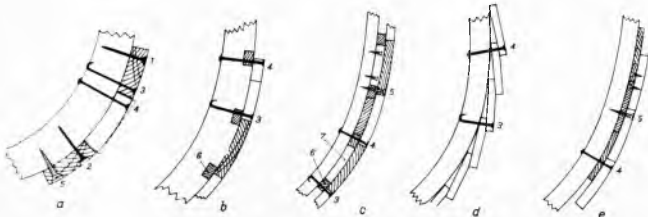
Proveze su uzdužni elementi koji povezuju, kao i podspojak, pramčanu statvu s krmenom, ili s krmenim zrcalom; obično dijele rebra na približno jednake dijelove. *Sponje* zatvaraju s gornje strane okvir rebra i nose palubu, a da voda s palube brže oteče



Sl. 10. Oblik preluka palube

imaju preluk, izbočene su na sredini (sl. 10). Pile se iz krivo raštenog drva ili se lameliraju. *Koljena* spajaju elemente kad se oni sastaju pod kutovima blizim pravom kutu (kobilica sa zrcalom i statvom, sponje na rubu otvora i zrcalo s podspojakom, rebra kod jarbola sa sponjama, rebra s klupom itd.). Izgrađuju se od krivo raštenog drva ili se lameliraju.

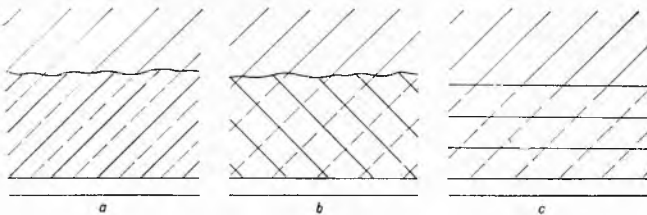
Oplata zatvara korito čamca, ali je ujedno i vrlo važan element uzdužne čvrstoće, posebno dokobilne (najdonje) i dorazmene (najgornje) platnice koje se ugrađuju jače (od jačeg drva).



Sl. 11. Oplata čamaca. a) Dodirna (glatka) oplata (crtkano: potrebna debljina daske), b) dodirna oplata s uzdužnim sastavnim letvama ukopanim u piljena rebra, c) dodirna oplata s uzdužnim sastavnim letvama na kuhanim rebrima i s umetkom, d) preklopna oplata, e) dvostruka oplata od uzdužnih platnica; 1 i 2 čavao, 3 čavao sa zavnutim vrhom, 4 zakovica, 5 vijak za drvo, 6 uzdužna sastavna letva, 7 umetak

Staro je pravilo za debljinu oplata dna: $(L + B + H)/50$, a za debljinu oplata bokova $(L + B + H)/55$; pri tom su u brojniku simboli za duljinu, širinu i visinu u stopama a debljina oplata dobiva se u inčima. Na malim čamcima je oplata obično svagdje jednako debela.

Većina čamaca opće upotrebe ima jednostavnu glatku oplatu od platnica pričvršćenih na rebra tako da su rubovi platnica usko sljubljeni jedan uz drugi, a taj je sastav još šuperen kudeljom ili pamukom (sl. 11 a, b, c). Preklopna oplata — klinker — tanja je od obične glatke oplata, a budući da su na preklopu platnice jedna za drugu gusto zakovane, spojevi se ne rasuše pa oplata ostaje nepropusna i kad čamac stoji duže vremena na suhom (sl. 11 d). To je razlog tome da se čamci za spasavanje, koji su gotovo stalno izvan vode, većinom grade sa preklopnom oplatom. Dobra nepropusnost se postiže i sa dvostrukom oplatom od uzdužnih platnica (sl. 11 e) postavljenih tako da sljubnice dasaka jednog sloja dolaze u sredinu daske drugog sloja. Slična je dijagonalna oplata (sl. 12), kod koje se između dva sloja platnica umeće



Sl. 12. Dijagonalna oplata. a) Dijagonalna oplata s paralelnim platnicama, b) dvostruka dijagonalna oplata, c) dijagonalna i (izvana) uzdužna oplata

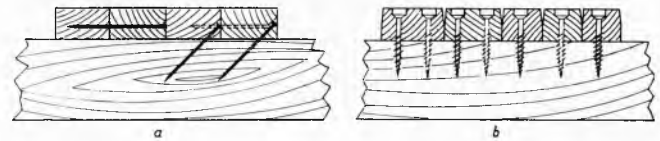
platno natopljeno bojom. Oplata se ponekad izrađuje od uskih letvica (sl. 13), jer uske letvice radi prilagodavanja obliku rebara

nije potrebno posebno »krojiti« kao široke platnice. Nedostatak im je što je čitava takva oplata unutar sebe napregnuta budući da se uske letvice pri postavljanju napinju izvjesnom silom u dva smjera. Ako su plohe čamca zakrivljene samo u jednom smjeru (stožaste ili valjkaste plohe), oplata se može izraditi i od šperploča.

Paluba se gradi od letava postavljenih paralelno sa središnjicom broda ili zakrivljenih prema obliku broda; pričvršćuje se u sponje, a među sponjama zabija se horizontalno čavlima jedna letva u drugu (sl. 14). Završetak palube po vanjskom rubu — razma — jači je i obično od tvrdog drva i često se nazubi onako kako u nju završavaju letve palube; ako su letve paralelne s



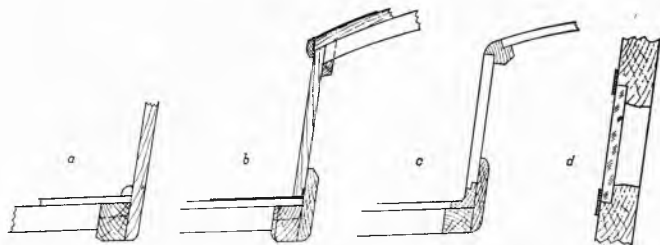
Sl. 13. Oplata od letvice. Letvice se zabijaju iznutra kroz rebra, a među rebrima jedna u drugu



Sl. 14. Oplata palube. a) Letve zabijene koso u sponju a među sponjama horizontalnim čavlima jedna u drugu, b) trenice učvršćene vijcima za drvo u sponje

razmom, nazubi se za letve srednja palubna daska. Paluba se često radi od šperploče, ali se onda zbog zaštite redovito pokriva platnom koje je položeno i napeto na svježe ličnoj palubi i samo je premazano više puta bojom. I paluba od dasaka pokriva se često platnom. Spojevi trenica ili letava palube šupere se a sljubnice se zalijevaju paklinom ili specijalnim elastičnim masama. Na razmi se obično nalazi drvena ogradica, a ponekad i ograda od drva ili cijevi s konopom ili čeličnim čelom; na boku ispod razme pričvršćuje se žuljnica, za zaštitu od dodira čamca s obalom.

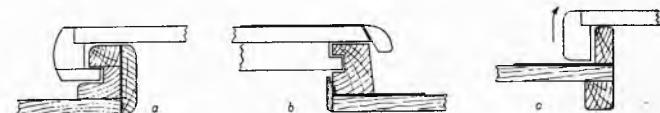
Na palubi se katkad nalaze sagrađene kabine; kabina leži na praznici otvora odnosno na sponjama na kraju otvora. Njen najjednostavniji spoj s palubom (sl. 15 a) nije nepropustan za vodu, stranica kabine mora doći na palubu (sl. 15 b) ili bolje na posebnu podnožnu letvu (sl. 15 c) da bi spoj bio nepropustan. Kabina



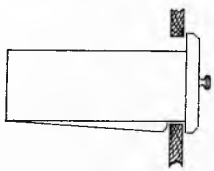
Sl. 15. Kabina. a) Spoj stranice kabine i čela sponja, b) stranica kabine na palubi c) stranica kabine s podnožnom letvom, d) prozor u stranici kabine

ima često prozore koji se ne daju otvarati, najjednostavnije umetnute u otvore na stranici (sl. 15 d); ponekad se prozori mogu otvarati, onda su izrađeni kao i prozori i okna na brodovima (v. *Brod*, TE 2, str. 292). Kabina obično ima lagane sponje koje nose krov često znatno zaobljen. Kabine redovito imaju ulaze s kliznim poklopcima koji moraju biti nepropusni za vodu (sl. 16 a i b), a često imaju i mala grotla (sl. 16 c).

Unutrašnjost čamca razdijeljena je obično poprečnim klupama, ali se ponekad ugrađuju i uzdužne klupe koje ne smetaju komunikaciji po čamcu. Veći čamci s kabinom imaju obično ugrađene krevete, kuhinju, WC i sve ostalo što je potrebno za život na čamcu.



Sl. 16. Poklopci otvora kabine. a i b) Klizni poklopci, c) poklopac grotla



Sl. 17. Ladica sa zaporem

Svi dijelovi namještaja i svi predmeti moraju biti masivni, vodootporni i fiksirani da se pri ljuljanju čamca ne pomiču; police imaju ogradicu, ormari zapore, lalice su osigurane (za otvaranje se moraju podignuti, sl. 17) itd.

Postolje motora i jarbola, ako ih čamac ima, izrađuju se od masivnog drva i čvrsto se povezuju s kosturom čamca preko više rebara ili rebrenica. Bitve se također grade masivne a vežu se obično na statvu, kobilicu ili njihova koljena.

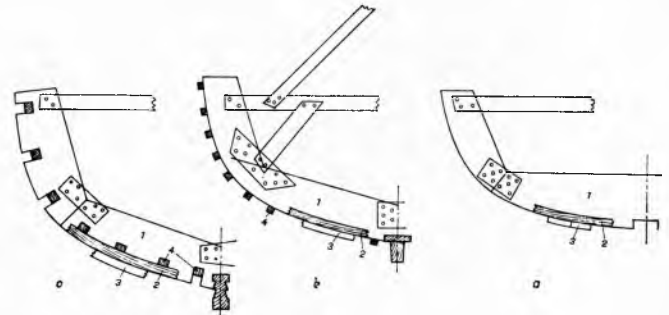
Gradnja drvenih čamaca opće upotrebe. Drvo za gradnju čamaca izabire se posebno, jer je na čamcu stalno izloženo utjecaju vode i sunca. Elementi kostura čamca: kobilica, statva, zrcalo, koljena, rebra, rebrenice, sponje, razme, kabine izrađuju se od tvrdog drva (liščara): hrastovine, brijestovine (rijetko jasena), a oplata, paluba i proveze manjih čamaca u nas grade se od smrekovine, srednjih čamaca od borovine a većih od hrastovine; u svijetu se to izrađuje od tikovine ili mahagonija. Najpogodnije vrste drva za gradnju čamaca prikazane su u tablici 1.

Tablica 1
NAJPOGODNIJE DRVO ZA GRADNJU ČAMACA
(Broj označuje redoslijed izbora vrste drva)

	Primorski hrast	Nizinski hrast	Primorski brijest	Nizinski brijest	Črnika	Murva	Jasen	Bukva	Tik	Mahagoni	Jela	Smreka	Bor	Ariš	Sjevernoamerički borov	Stikanska smrekovina	Čedar, cedrela
Kobilica	2	3	3	4	2				1	5			5	5	5		
Zaštitna kobilica	2	2	3	3					1	1			3	3	3		
Pasmo	2	3	3	4					1	1			5	5	5		
Kobilična koljena	1	2	2	3	2	2	4		1	1			5	5	5		
Statva	1	3	2	4	2				1	1			5	5	5		
Zrcalo	2	2	3	3					1	2			5	5	5		
Rebra i rebrenice	1	3	2	4	1	1	4		2	4			5	5	5		
Kuhana rebra	1	3	2	3					1	5			4	3	3		
Proveze	1	2	2	3					1	5			4	3	3		
Podspojak	2	2	2	3					1	5			4	3	3		
Sponje	1	3	2	4	1	1	5		2	5			2	2	2		
Jake sponje	1	3	2	4	2	2	5		2	5			4	3	3		
Palubna koljena	1	2	2	3	1	1			1	1			3	3	3		
Oplata		4							1	2	5		4	3	3	5	3
Dokobilični voj		2							1	2	5		4	3	3		
Dorazmeni voj		2							1	2	5		4	3	3		
Sanduk pomične peraje	3		3						1	2	5		4	3	3		
Pražnice otvora	3		4						1	2	5		4	4	4		
Stranice kabine	3		4						1	2	5		4	4	4		3
Krov kabine									1	2	5		4	3	3		2
Razma	2		3						1	2	5		4	4	4		
Palubne platnice	4								1	2	5		4	4	4		3
Ogradica	2		3						1	1	1		5	4	4		2
Žuljica	1		2						3	1	2		5	4	4		3
Grotla i poklopci	2		3						1	1	1		5	4	4		2
Oplata kokpita	3		4						1	1	1		5	3	3		2
Bitve	1	2	2	3					1	3			5	5	5		2
Mrtvo drvo	2		3						1	1	1		4	2	2		5
Kormilo	2		4						1	3			4	2	2		5
Jarbol i oblice									1	3			4	2	2		5
Unutrašnja oplata	2		3						1	1	5		4	3	3		1
Namještaj	3		4						5	1	5		4	3	3		2
Klupe	2		3						1	3			5	4	4		2
Postolje motora i jarbola	1	1	2	3	1				1	1	5		5	4	4		4
Pod šablone	2		3						1	1	5		5	4	4		4
Vesla									2	3			5	4	4		4

Gradnja čamca odvija se, već prema obliku i konstrukciji, na kobilici ili s dnom prema gore.

Na kobilici s pričvršćenom statvom, zrcalom i odgovarajućim koljenima podignu se rebra, tačno se namjestu na svoja mjesta i u tom se položaju učvrste letvicama međusobno i letvama na gredu iznad kostura; prva se obično pričvršćuje najgornja dorazmena platnica, zatim dokobilična i do nje druge platnice dna do uzvoja a onda naizmjenice jedna gore, jedna dolje; sve se platnice ugrađuju istovremeno na oba boka čamca. — Preklopna oplata ugrađuje se od kobilice prema razmi. Čamac s kuhanim rebrima gradi se također na kobilici, na koju se učvrste šablone (sl. 18 a) ili pojedina masivna rebra, a na njih oplata; iznutra krive se kuhana rebra i odmah zakivaju na oplatu bakrenim čavlima i konusnim pločicama (sl. 19), a kad su sva rebra među šablonama na mjestu, skidaju se šablone jedna po jedna i na tom mjestu također se

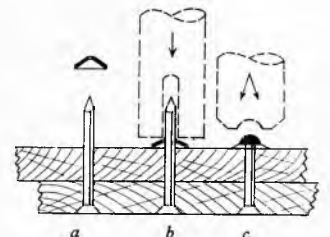


Sl. 18. Gradnja čamca s kuhanim rebrima. a Na šablone se privremeno učvršćuje oplata a na nju iznutra rebra, b unutar širnica učvršćenih na šablonama krive se rebra a onda se širnice nadomješćuju platnicama, c širnice su u dubokim utorima i preko njih se krive rebra a oplata se postavlja na rebra i šablone; 1 šablona, 2 kuhano rebro, 3 oplata, 4 širnica

ugrađuju rebra. Rebra se mogu formirati i unutar letava pribitih na šablone po širnicama — te se letve kasnije nadomješćuju platnicama (sl. 18 b) — a mogu se postaviti i preko takvih letava u šablonu upuštenih za debljinu rebara (sl. 18 c). Te letve po širnicama mogu biti i podspojak, proveze ili uzdužna rebra pa ostati ugrađene u trup.

Rebra na čamcu mogu izostatati, ako ih nadomješćuju nosive pregrade.

Ako se čamac gradi s dnom prema gore, na rebra se najprije učvršćuje kobilica i proveze, a onda oplata. Kad je oplata gotova, čamac se okrene pa se ugrade sponje, među njima pražnice otvora i na njih polože polusponje, a zatim razma i paluba (to sve ako čamac ima palubu).

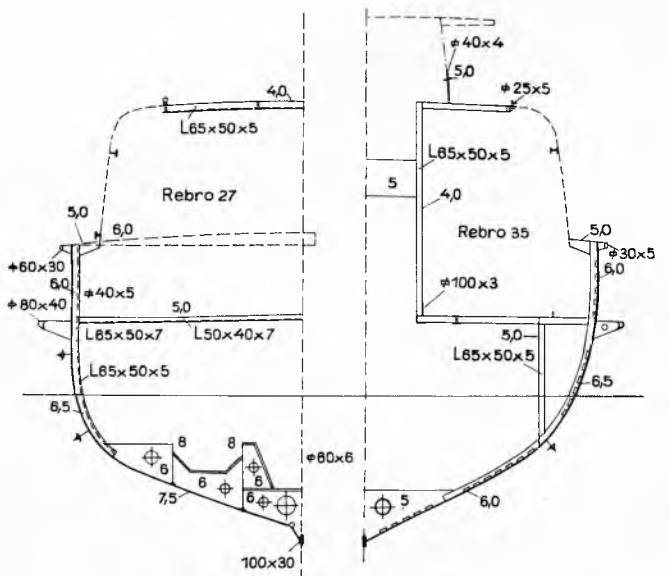


Sl. 19. Zakivanje drvenih elemenata čamca. a Zabijen čavao, b podložna pločica dijelom izravnata priteže čavao, c nakon rezanja vrha čavla izradi se glava zakivanjem i kasnije formira posebnim alatom

Spojni materijal: čavli, vijci, svornjaci i dr. izrađuju se od bakra, mjedi ili bronce te od čelika pocinčanog u kupki rastopljenog cinka; u novije vrijeme upotrebljava se sve češće nerđajući čelik.

Gotov se čamac oliči, podvodni dio obično podvodnom bojom za zaštitu od obraštaja.

Gradnja metalnih čamaca opće upotrebe. Metalni čamci grade se od čelika ili od aluminijevskih legura otpornih prema morskoj vodi. Po elementima i načinu gradnje vrlo su slični čamcu od drva; konstrukcija im je u osnovi skoro ista, samo su dimenzije elemenata druge (sl. 20). Čelični se dijelovi zavaruju, a kako za



Sl. 20. Glavno rebro čeličnog putničkog motornog čamca. $L_{OA} = 23,66$ m
 $B = 5,692$ m, $V = 64$ m³

zavarivanje nisu pogodni limovi tanji od 3 mm, proizlazi da se isplati od čelika graditi samo veće čamce. Limovi i profili od aluminijskih legura također se zavaruju, ali u atmosferi argona (Argonarc, Argonaut). Najveća je mana aluminijskih čamaca što između aluminija i njegovih legura s jedne strane i ostalih brodograđevnih metala (naročito bronce i mjedi) nastaju galvanске struje koje jako nagrizaju aluminij, pa se zato moraju poduzeti posebne mjere izolacije. Zbog istog razloga na tim se čamcima dno premazuje antivegetativnim bojama organskog sastava, koje nisu tako dobre kao bakarne ili živine boje. Metalni čamci mogu se prevući i slojem armirane epoksidne smole (v. dalje).

Gradnja čamaca od furnira. Čamci su se počeli graditi od furnira kad su usavršena sintetička ljepila (fenolna, rezorcinska, epoksidna). Slojevi furnira unakrsno se slažu na čvrst kalup i pritisnu velikim specifičnim pritiskom ($5 \cdot 7 \text{ m H}_2\text{O}$) stvaranjem vakuuma između furnira i elastične gumene vreće koja se pričvrsti za rubove kalupa, pa se iz nje ispumpa zrak. Sličan je učinak kad se furnir pod gumenom navlakom izloži djelovanju težine vode (koja može biti topla pa potiče stvrdnjavanje ljepila) ili pijeska.

Trup čamca od furnira lagan je i veoma čvrst, pa mu ne treba nikakvih rebara. Katkad se ugrađuju niske rebrenice koje nose pod ili balast, a nekoliko rebara može služiti za prijenos sila pripona jarbola na ljusku čamca.

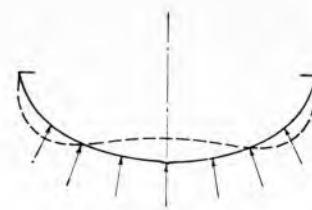
Gradnja čamaca od umjetnih smola armiranih staklenim vlaknima (plastičnih čamaca) počela je u novije vrijeme; prvi su takvi čamci izgrađeni 1942 u Americi. Novo je kod njih što se cijeli čamac gradi u jednom komadu a ne od elemenata, i što nema ograničenja u formama, kao što ih imaju drvene i metalne konstrukcije koje su građene od elemenata spojenih u jednu ljusku, i zato ograničenih u formi zbog materijala i njegovog spajanja. Plastični čamac sastavljen je od slojeva staklene tkanine natopljenih tekućom smolom, koja se uslijed dodatka jednostavnih kemikalija stvrdnjava. Takva jedinstvena ljuska veoma je čvrsta, ne upija vodu, ne rasušuje se, neosjetljiva je na drvotočac i štetočine, ne trune (kao drvo), ne korodira (kao metal), ne zahtijeva održavanje i premazivanje, nema spojeva koji propuštaju vodu, a uz to je lakša od drvenih i metalnih ljusaka. Armirane umjetne smole imaju veliku čvrstoću na vlak i nisu krte, imaju malu gustoću ($\sim 1,7 \text{ g/cm}^3$) i veoma su elastične.

Materijali za gradnju plastičnih čamaca su staklena armatura i umjetna smola. Staklena armatura ugrađuje se u obliku slobodnih niti (koje se dobivaju siječenjem snopa staklenih niti i bacaju komprimiranim zrakom u kalup), hasure (strukova niti dugih $\sim 5 \text{ cm}$, povezanih vezivom, slično pustu) i tkanine (lakše ili teške). Niti su od kalcijskog borosilikatnog stakla vrlo malo alkaličnog, debljina im je $5 \cdot 10 \mu\text{m}$ i obično su grupirane u strukove po 204 niti. Hasure imaju težine do 1000 g/m^2 , lagane tkanine $150 \cdot 300 \text{ g/m}^2$, a teške $450 \cdot 1200 \text{ g/m}^2$.

Najčešće upotrebljavana smola je poliesterska; prije otvrdnjavanja je po konzistenciji slična medu, a po otvrdnjavanju može biti, prema vrsti, krta ($0,5 \cdot 3\%$ produženja kod kidanja) ili elastična (preko 10% produženja kod kidanja). Dodatkom katalizatora (organskih superoksida, npr. benzoilperoksida ili metil-etilketonperoksida) u količini $2 \cdot 3\%$ težine smole dolazi do kontroliranog stvrdnjavanja, polimerizacije, a taj se proces po želji može ubrzati dodavanjem ubrzivača (najčešće kobalt-naftenata) u količini $2 \cdot 10^{0/100}$. Epoksidna smola, u postupku izrade čamca primijenjena slično kao poliesterska, daje čvršću ljusku, bolju površinu, bolje lijepi dva dijela, izvanredno prijanja uz metal i u svemu je bolja od poliestera, ali je i skuplja. — U smolu se dodaju punila i pigmenti, koji oboje smolu i poboljšavaju joj svojstva. Antimon-trioksid ili klorirani parafini, u količini $5 \cdot 10\%$, čine smolu teško zapaljivom.

ne debljine premalo su krute. Ravne plohe i veći čamci grade se od laminata s dodanim ukrućenijima, poprečnim ili uzdužnim rebrima; kod čamaca su to češće uzdužne proveze, a vertikalna se rebra grade za lokalno učvršćenje ravne plohe. Pojačanja imaju najčešće trapezast ili polukružni oblik (sl. 21) i debljinu vanjske ljuske. Bolja svojstva ima konstrukcija sendvič, kod koje vanjske laminatne čvrsto povezuje srednja ispuna; laminati preuzimaju naprezanja od savijanja i torzije, zatim lokalne udarce i struganja, a ispuna preuzima smična naprezanja i ujedno se odupire lokalnim gnječenjima. Sendvič je mnogo krući i uz isti utrošak materijala jači od obične ljuske (npr. sendvič sa dva laminata po 3 mm i 12 mm ispune dvadeset je puta krući i šest puta čvršći od običnog laminata debljine 6 mm, mada ima gotovo istu težinu).

Staklena armatura nosivi je dio laminata, pa njezino veće učvršćenje u laminatu znači i veću čvrstoću. Postupcima rada kod gradnje čamaca postiže se odnos od $2/3$ do $3/4$ smole u laminatu.



Sl. 22. Sile na trupu čamca; crtkano: deformacija ljuske bez učvršćenja

Izbor laminata diktiraju sile u njemu (sl. 22): unutarnja strana ljuske opterećena je na vlak, pa iznutra treba da bude najjača armatura (teška tkanina), a izvana dolaze hasure (neki ugrađuju tanku tkaninu). Mali čamci okruglih forma grade se katkad samo od hasure (neki ugrađuju tanku tkaninu). Mali čamci okruglih forma grade se katkad samo od hasure. Pojačanja (najčešće proveze, postolje motora i jarbola itd.) izrađuju se od teške

tkanine; proveze dijele opseg trupa na približno jednake dijelove.

Armirana smola pogodan je materijal i za izradu tankova, jarbola i druge opreme.

Čamci od armiranih smola nadograđuju se često drvom, naročito unutrašnjost, jer je drvo ugodniji i topliji materijal od glatke hladne plohe plastika.

Stari drveni čamci obloženi laminatom od hasure ili od slojeva teške tkanine i hasure dobivaju time novu oplatu i učvršćenje. Laminat koji nadomješćuje ličenje drvenog čamca sastoji se od 1 do 2 sloja hasure ili tanke tkanine i ne pojačava oplatu, ali je izolira od prodiranja vode u drvo, pa je takav čamac posve suh i po svojstvima sličan plastičnom.

Klasifikaciona društva imaju pravila za gradnju čamaca od armirane smole i vrše nadzor nad gradnjom (npr. Lloyd's Register daje svjedodžbu: 100A1 »Reinforced Plastic Yacht«). Prototipovi se ispituju opterećeni vrećama pijeska do težine u službi, bacanjem s visine od 2,1 m i opterećivanjem dvostrukom težinom putnika.

Zbog svojstava plastičnih čamaca i činjenice da treba manje ljudskog rada za njihovu izradu, u razvijenim industrijskim zemljama velika većina čamaca danas se gradi od armirane smole.

Napuhnuti čamci izrađeni su od gumiranog neoprenskog platna i sastoje se od trupa, u obliku debele cijevi naokolo čamca, i dna. Manji su elipsastog oblika, slični splavi, veći su s prijedla zaokruženi ili zaoštreni a straga imaju krmeno zrcalo i cijevi im završavaju košusno. Dugi su $2,0 \cdot 5,7 \text{ m}$ i široki: $L/B \approx 2,5$. Mali se čamci pokreću veslima, veći vanbrodskim motorom. Glatki su, stabilni i dosta lagani: manji važu $9 \cdot 13 \text{ kg}$ po metru duljine, veći $15 \cdot 21 \text{ kg/m}$. Ispuhani zauzimaju malo mjesta, pa su prikladni za transport, a napuhtu se jednostavno, najčešće komprimiranim zrakom iz male čelične boce. Ukrućuju se letvicama, drvenom statvom, drvenim zrcalom i podom; veći čamci gliseri obično imaju dno u obliku slova V poduprto šperpločom, tako da podnose motore do 50 KS i brzine do 30 čv; relativno se dobro ponašaju na valovima jer su lagani pa se kreću po površini vala. Stabilni su jer su široki i jer imaju velik uzgon u bočnim cijevima — trupovima, a stoga imaju i mali gaz.

Primjena im je višestрана: za opću upotrebu, lov i ribolov, kao pomoćni čamci na jahtama i brodovima, kao čamci za spavanje itd.

Oprema čamaca u mnogočemu je slična opremi brodova (v. *Brod*, TE 2, str. 282), samo je obično jednostavnija i prilagođena veličini čamca ako je tom veličinom uslovljena (konopi, sidra, itd.) ili je identična opremi na brodovima, ako su to dijelovi opreme za upotrebu ljudi (ograde, nastambe i unutrašnji uređaj, itd.).



Sl. 21. Pojačanja plastične ljuske. a Pojačanje polukruglog oblika (prazno), b trapezasto pojačanje ispunjeno tvrdom pjenom

Trup čamca do 5 m duljine može se izgraditi kao jednostavna neukružena ljuska; ona mora imati ispupčene plohe koje ljuski daju krutost, jer ravne plohe od jednostavnog laminata ekonomič-

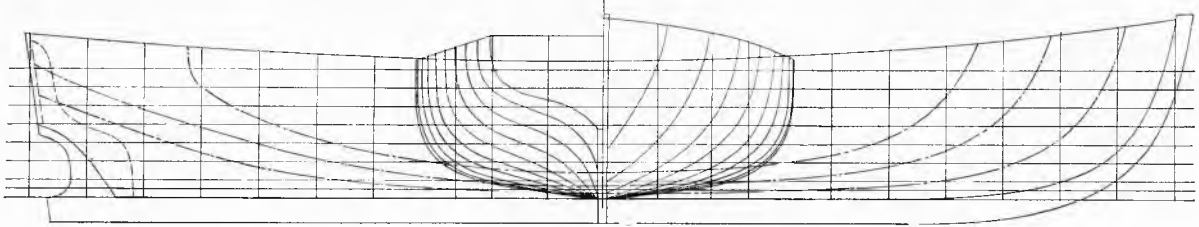
Čamci opće upotrebe na našoj obali

Čamci za opću upotrebu koji su bili — ili su još i sada — najrašireniji na našoj obali jesu batane, guci, pašare i leuti.

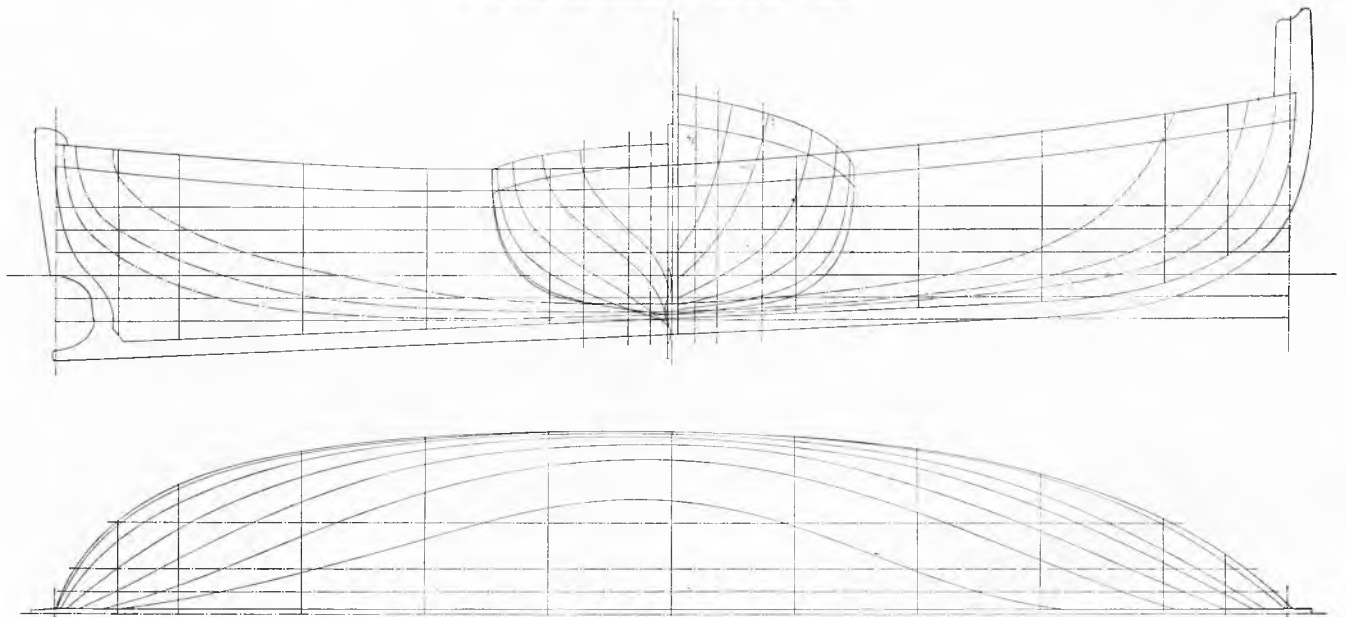
Batane su najmanji čamci (3...4,5 m) s ravnim plosnatim dnom, s poprečnim ili uzdužnim platnicama i kosim ravnim bokovima, a imaju i veliko zrcalo. Dosta su široke i veoma stabilne, s relativno velikim otporom. Sve se manje grade. Slične su im *bateline* a donekle i *bateli*, čamci na zapadnoj obali Istre, znatne veličine, s ravnim dnom blagog obluka i s blago zakrivljenim bokovima; oplata boka naglim lukom skreće pod približno pravim kutom i tako tvori zrcalo s velikim kormilom koje služi i za povećanje lateralnog plana pri jedrenju. Ti su čamci plitki zbog plitke obale i slični su čamcima s druge obale Tršćanskog zaljeva.

Osnovne karakteristike svih naših čamaca su slične: odnos duljine i širine im je ~ 3 , oblik rebara im je na sredini čamca oblika U, što je potrebno za dovoljan stabilitet čamca, a na krajevima oblik V osigurava im maritimna svojstva.

Čamci unutar svojih grupa slični su na cijeloj našoj obali. Ipak postoje razlike uzrokovane prilikama mora i primjene, npr. korčulanski čamci treba da savladaju teško more Korčulanskog kanala s jakim maestralom i strujama, pa imaju posebno izražena dobra maritimna svojstva; u Lošinj su se razvile npr. lagane pašare koje vrlo dobro jedre po laganom vjetru kakav tamo puše, jer se po teškom moru (npr. jugu) ionako ne izlazi s čamcima. Primjena čamaca utjecala je također na njihovu gradnju, npr. na Visu nastale su velike gajete koje dobro jedre i dobro svladavaju more na svojim relativno dugim putovanjima do ribarskih pozicija. Tako su se stvarali običaji u gradnji čamaca, pa se čamci iste grupe u dva centra gradnje znaju znatno razlikovati (sl. 25).



Sl. 23. Pašara, linije; $LOA = 6,25$ m, $B = 2,08$ m



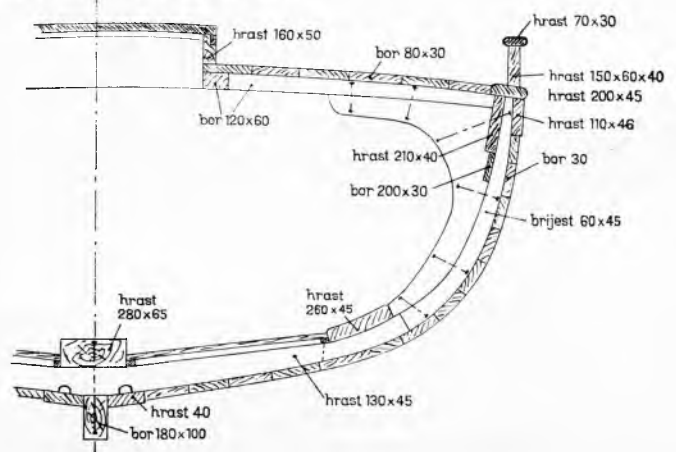
Sl. 24. Leut; $LOA = 11$ m, $B = 3,3$ m; gore linije, dolje glavno rebro

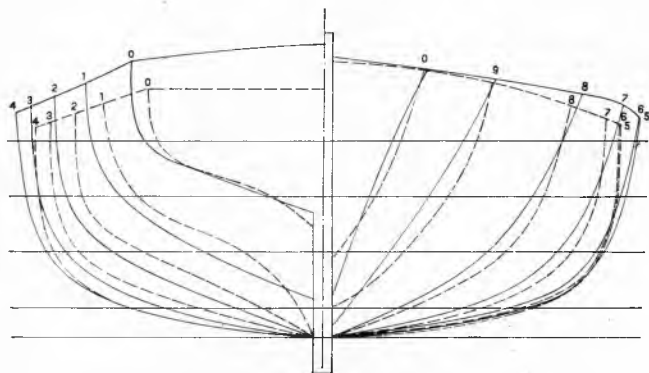
Guc je danas ponajviše malen čamac do 6 m duljine sa zaoštrenim pramcem i krmom i dosta uzak jer se pokreće veslima, tj. treba da ima malen otpor; sredina mu ima rebra oblika U, na krajevima mu se rebra šire u V oblik. Dobro se drži na moru. Služi za ribarenje, a sve ga manje grade.

Pašara je danas najčešće građen čamac; ima ih malenih i velikih (do 9 m duljine). Sredina čamca ima oblik U, pramac naglašen oblik V (danas je sve češće paluba srijeda gotovo kružna), a krma oblik Y sa širokim zrcalom; vertikalna kobilica obično je dosta visoka (sl. 23). Odnos L/B je ~ 3 , ali danas polako opada. Male pašare imaju poprečne klupe, velike poprečne ili uzdužne i palubu na prvoj trećini. Male pašare pokreću se veslima, jedrom ili vanbrodskim motorom. Velike pašare sve se više grade s kabinom koja ima krevete i eventualno malu kuhinju i WC, pa takve služe za sportsko krstarenje; gone se dizel-motorom.

Gajeta je srednji ili veći čamac s karakterističnom zaobljenom i povišenom prednjom statvom i skošenom krmenom statvom; gledana odozgo paluba joj je jako zaokružena srijedi straga. Gajeta ima podvodne linije vrlo oštre, tj. ima izrazite V-forme na krajevima, na sredini ima ravno plosnato dno, a obično i nešto više bokove. Prednja trećina, a često i polovina, te krma imaju palubu. Gajete se pokreću jedrom i motorom, maritimne su i sposobne da savladaju i lošije vrieme u našim kanalima.

Leut je naš najveći čamac, duljine do 12 m, u stvar ivec mali brod. Sličan je gajeti oblikom, samo gledan odozgo ima oštrij oblik palube, a podvodne su mu forme punije (sl. 24), jer je građen veoma masivno (težak je) i zato sporiji. Posve je pokriven, ali se skidanjem poklopaca može otvoriti polovica čamca. Pokreće se jedrom ili motorom.





Sl. 25. Usporedba oblika rebara dviju pašara iste istisnine. Crtkano: rebra pašare iz Punta, puno: rebra pašare iz Malog Lošinja

Mjesto gradnje	LWL/BWL	α	β	δ	φ	φ_V
Punat	3,05	0,724	0,780	0,447	0,573	0,618
Mali Lošinj	3,11	0,736	0,754	0,476	0,632	0,647

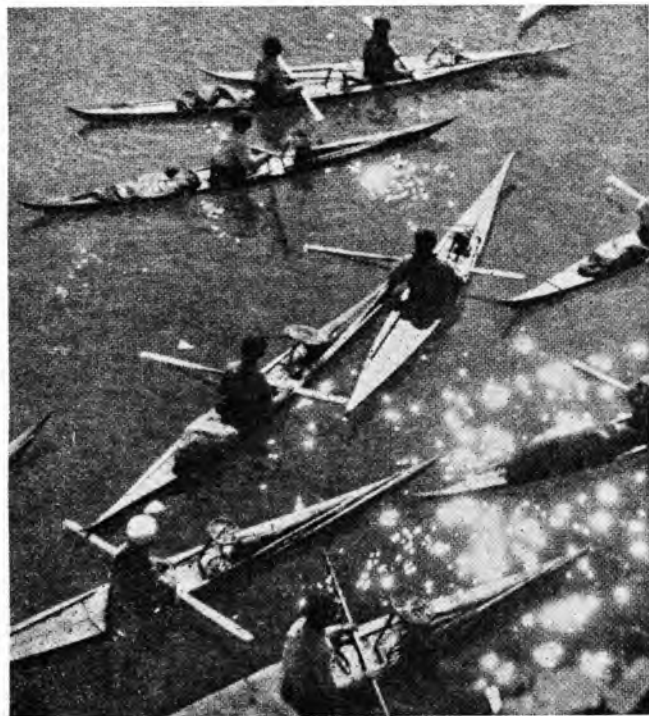
ČAMCI NA VESLA

Veslo, prvobitno propulzivno sredstvo čamaca i brodova, zamijenjeno je odavna na brodovima najprije jedrom a onda mehaničkim pogonom. Kod čamac je ostalo dulje u upotrebi; tek nedavno zamijenjeno je motorima s unutrašnjim sagorijevanjem. Kao isključivo sredstvo pokretanja zadržano je jedino za dvije grupe sportskih čamac. Prva grupa su kajaci i kanoe u kojima veslač gleda u smjeru vožnje i vesla slobodnim veslom bez oslonca o čamac; ovi čamci služe za turističke vožnje i za natjecanja. Druga su grupa veslački čamci za takmičenje; u njima veslači sjede leđima okrenuti u smjeru vožnje a voze dugim veslima s osloncem na čamcu.

Kajaci i kanoe

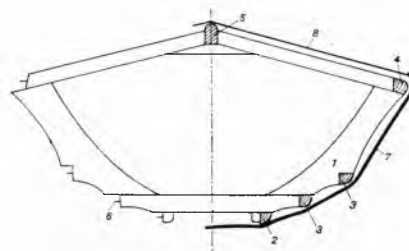
Kajak potječe od istoimenog eskimskog čamca koji Eskimi grade s kosturom od drva i prevlakom od kože morževa i tuljana (sl. 26). Eskimski kajaci upoznati su iz izvještaja polarnih istraživača. Oni su dugi i uski (5,5 m x 0,41...0,51 m); rade se 'po mjeri' jer veslač ulazi u čamac čija paluba ima našiven i kaput veslača. Brzi su i imaju dobra maritimna svojstva. Eskimski kajaci bili su uzor sklopljivim kajacima za divlje vode, a i krutim kajacima namijenjenim vožnji i natjecanjima na mirnoj vodi.

Početkom XX st. počeli su se graditi sklopjivi kajaci. Sklopjivi kajak ima kostur od 6...8 rebara koja se trnom učvrste na uzdužne letve: kobilicu sa stat-



Sl. 26. Eskimi u svojim kajacima

vama, podnice s mostom, širnice, razme i krovnicu (sl. 27); ove su letve dvodijelne ili trodijelne (radi transporta). Kod sastavljanja se složena prednja i stražnja polovica čamca umetnu u kožu (sašivena je od višestrukog gumiranog platna), spoje se i napnu mostom, a na kraju se pričvrsti valobran koji ograduje otvor za veslača. Sklopjivi čamac složen u vrećama lako se prenosi do gornjih tokova rijeka, gdje ga kajakaš sastavlja i njime se spušta rijekom. Sklopjivim kajacima održavala su se i natjecanja: spust i slalom. Sklopjivi kajaci imaju niz nedostataka; njihova jedina prednost, da se mogu lako prenosi, danas ne može te nedostatke kompenzirati, pa se oni praktički više ne grade.



Sl. 27. Glavno rebro sklopjivog kajaka. 1 Rebro, 2 podnica, 3 širnica, 4 razma, 5 krovnica, 6 trn, 7 koža, 8 palubna prevlaka

Kanoe su čamci američkih Indijanaca; oni su ih gradili s drvenim kosturom i oplatom od brezove kore. U njima se veslalo i kormilarilo kratkim veslom. Kanoa ima dobra maritimna svojstva i vrlo je pokretljiva. Poznata je još iz opisa konkvistadora; od Indijanaca su je preuzeli kanadski lovci, a zbog svoje prikladnosti i dobrih svojstava postala je vrlo raširen sportski čamac; oko 1880 već se proizvode u Americi velike serije ovog sportskog čamca.

Oblik kajaka i kanoa. Kajaci i kanoe se grade, prema namjeni, za mirne vode, za spust i za slalom (divlje vode) u okviru ograničenja koja propisuje ICF (Međunarodna kanoistička federacija, tabl. 2). Mirnim i divljim vodama namijenjeni su kajak jednosjed K1, jednosjedna kanoa C1 i dvosjedna kanoa C2. Dvosjedni (K2) i četverosjedni (K4) kajak namijenjeni su mirnim vodama.

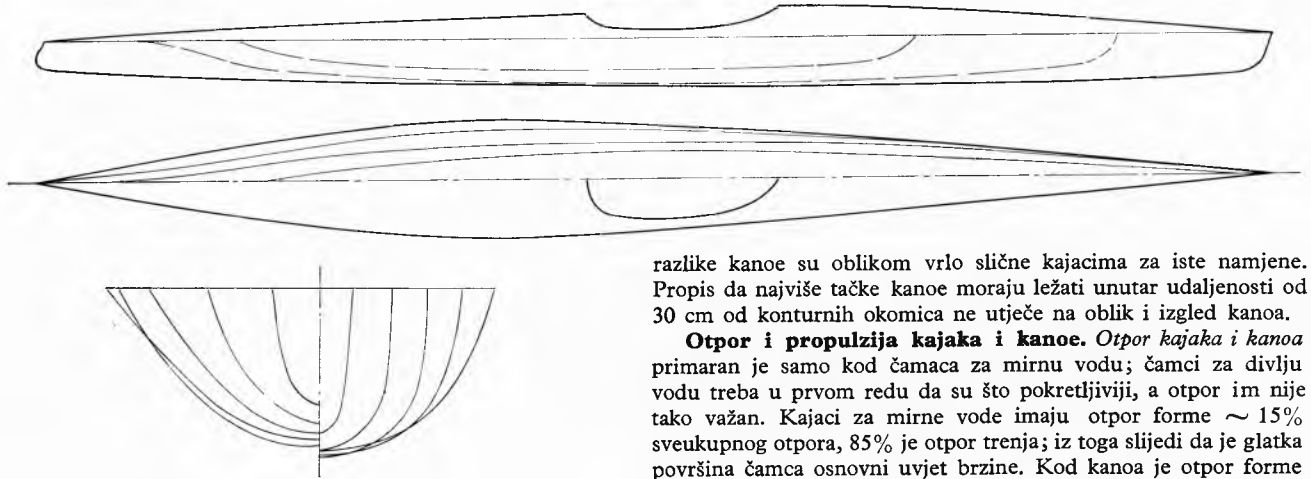
Tablica 2
OGRAIČENJA MEĐUNARODNE KANOISTIČKE FEDERACIJE

Čamac	Mirne vode		Divlje vode			Najmanja težina kg
	najveća duljina m	najmanja širina cm	najveća duljina m	najmanja duljina m	najmanja širina cm	
K1	5,20	51	4,50	4,00	60	12
K2	6,50	55	—	—	—	18
K4	11,00	60	—	—	—	30
C1	5,20	80	4,30	4,00	80	18
C2	6,50	80	5,00	4,58	80	20

Kajaci i kanoe za mirne vode služe samo za postizanje što veće brzine na ravnoj pruzi. Zbog toga se grade s najvećom dozvoljenom dužinom i najmanjom dozvoljenom širinom. Kako za vožnju po mirnoj vodi ne treba naročit stabilitet, širina se vodne linije znatno smanjuje; da se zadovolji propis o najmanjoj širini, rebra se naglo šire iznad vode — najšire mjesto je na razmi i iza veslača — time se dobiva uzak i oštar pramac (uslov malog otpora) i bolji rad vesala: nesimetričnost propulzije zaveslajem na jednoj strani čamca to je manja što je čamac uži; da se skrećući momenti zaveslaja što više neutraliziraju, čamci imaju ravnu kobilicu i što veći lateralni plan (gotovo vertikalne statve). Uronjeni dio glavnog rebra približava se oblikom polukrugu, što uz određeni volumen daje najmanju oplakanu površinu (sl. 28). Kajaci imaju ovalni otvor za veslača, kanoe za mirne vode gotovo su sasvim otvorene.

Kajaci i kanoe za slalom su veoma pokretljivi, a brzina im je manje važna. Zbog toga se grade kratki koliko to pravila dozvoljavaju, imaju znatan skok kobilice i s time u vezi malen lateralni plan te malen gaz i veću širinu nego čamci za mirne vode, tj. plosnati su (sl. 29). Uslijed takvog oblika trupa znatno su stabilniji od čamac za mirne vode. Sagrađeni su kao jedinstvena obla ljuska; taj oblik pogoduje brzom oticanju vode s palube i eskimotiranju, tj. brzom uspravljanju čamca koji se je prevrnuo. Čamci imaju na palubi ovalan otvor za veslača; na kanoi C2 otvori su smješteni blizu krajeva čamca, jer su tako veći momenti okretanja pri upravljanju čamcem, koje veslači mogu ostvariti veslima, svaki na svojoj strani kanoe. Veslač ima oko pasa tzv. kapitak, platneni pokrov pričvršćen o rub otvora čamca tako da voda ne može ući u čamac.



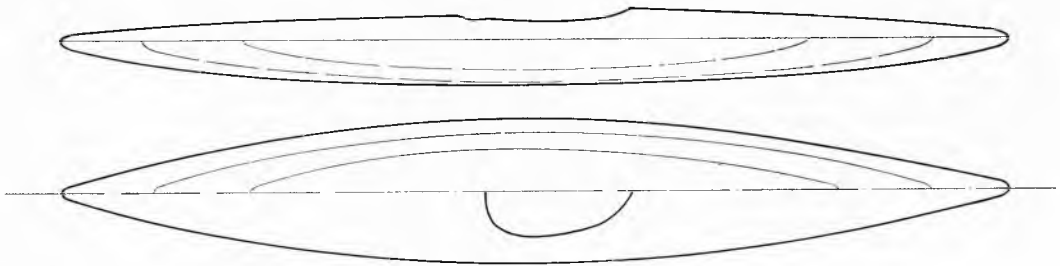
Sl. 28. Kajak jednosjed za mirne vode; $L_{OA} = 5,2$ m, $B = 51$ cm

Kajaci i kanoa za spust po svojstvima imaju ponešto od čamaca za mirne vode a ponešto od čamaca za slalom. Po dimenzijama su slični čamcima za slalom (koriste najveću dozvoljenu dužinu

razlike kanoa su oblikom vrlo slične kajacima za iste namjene. Propis da najviše tačke kanoa moraju ležati unutar udaljenosti od 30 cm od konturnih okomica ne utječe na oblik i izgled kanoa.

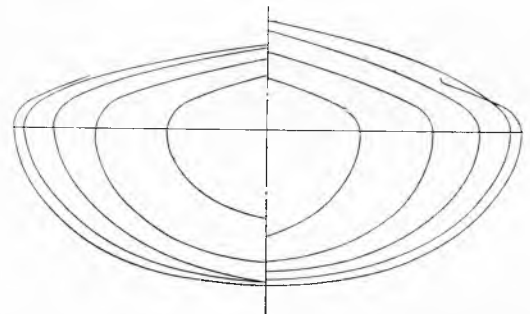
Otpor i propulzija kajaka i kanoa. Otpor kajaka i kanoa primaran je samo kod čamaca za mirnu vodu; čamci za divlju vodu treba u prvom redu da su što pokretljiviji, a otpor im nije tako važan. Kajaci za mirne vode imaju otpor forme $\sim 15\%$ sveukupnog otpora, 85% je otpor trenja; iz toga slijedi da je glatka površina čamca osnovni uvjet brzine. Kod kanoa je otpor forme veći zbog veće širine, ali se i kanoa poput kajaka poliraju.

Otpor kajaka i kanoa na plitkoj vodi znatno je veći nego na dubokoj, a to je važno jer se tim čamcima često baš na plitkoj vodi vozi. Najveće povećanje otpora tih čamaca pri maksimalnim brzinama nastaje kad je dubina $\sim 1,2$ m, u tom području krivulje



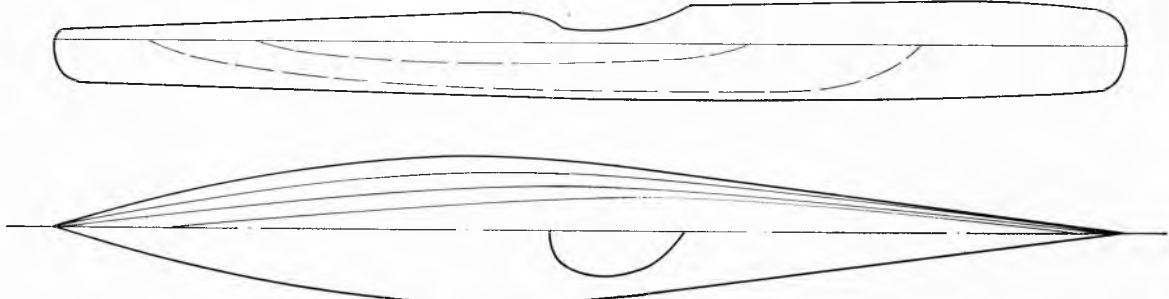
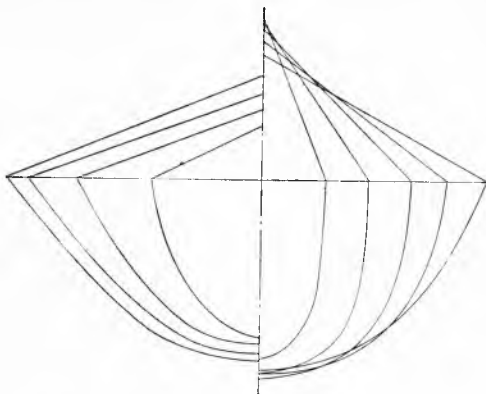
za čamce divljih voda), a oblikom liče na čamce za mirne vode, stoga su stabilniji i pokretljiviji, ali i sporiji od čamaca za mirne vode, a ipak znatno brži od čamaca za slalom (sl. 30). Veslači, kao i na čamcima za slalom, imaju kapitak, pa čamac može prolaziti kroz valove.

Kanoa kao sportski čamci izgubile su karakteristične zaobljene i jako povišene statve indijanskih kanoa. Razlikuju se od kajaka u prvom redu načinom veslanja, a i šire su. Uz te karakteristične

Sl. 29. Kajak jednosjed za slalom; $L_{OA} = 4$ m, $B = 60$ cm

povećanog otpora imaju strm uspon, maksimum i strm pad (sl. 31), tako da smanjenje dubine na 2,5 m još ne utječe, a smanjenje dubine na 0,5 m više ne utječe na otpor.

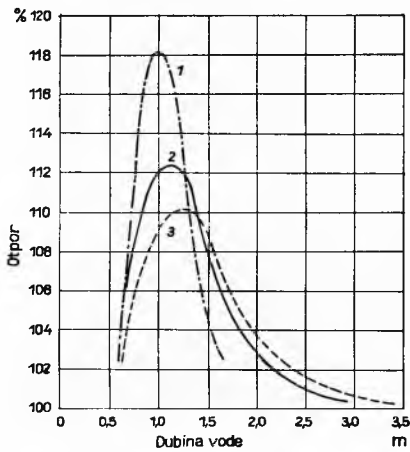
Propulzija kajaka ostvaruje se zaveslajima naizmjenice na jednoj i drugoj strani čamca veslom s dvjema listovima postavljenim na krajevima drške pod kutom 90° . Duljina vesla je 200...220 cm, listovi, $\sim 50 \times 18$ cm, blago su i jednoliko zakrivljeni. **Propulzija kanoa** razlikuje se od propulzije kajaka: veslač ima jednostruko veslo i njime vesla samo na jednoj strani kanoa.

Sl. 30. Kajak jednosjed za spust; $L_{OA} = 4,5$ m, $B = 60$ cm

Veslo ima ravnu lopatu dimenzija $\sim 60 \times 22$ cm, a dužina je vesla jednaka visini do čela stojećeg veslača. Lopate vesla za čamac C2 katkada su malo konkavne.

Tablica 3

IZMJERE I PARAMETRI KARAKTERISTIČNIH REGATNIH ČAMACA



Sl. 31. Krivulje povećanog otpora kanoe i kajaka na plitkoj vodi. 1 Jednosjedna kanoa, 2 kajak jednosjed, 3 kajak dvosjed

Konstrukcija kajaka i kanoe je jednostavna; grade se kao jedinstvena ljuska od umjetnih smola armiranih staklenim vlaknima, sa prosječno $1000 \dots 1200$ g/m² staklene armature; ljuska trupa i ljuska palube su jednostavno zalijepljene; rebra nisu potrebna a sjedalo je izgrađeno zajedno s obodnicom otvora. Na plosnatim širokim čamcima ugrađuju se samo ponekad niske rebrenice, koje ujedno služe kao podloga sjedala, a katkad se na dnu ugrade i uzdužna rebra u obliku uzdužnog nabora unutarnje površine dna.

Kajaci i kanoe su čamci koji služe za sportska natjecanja, ali im je značajna i turistička upotreba za spuštanje niz rijeke, naročito u njihovim gornjim gorskim tokovima.

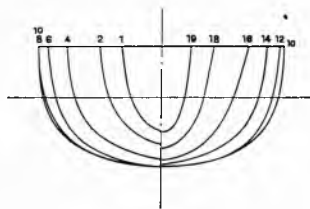
Sportski veslački čamci

Najstarija veslačka natjecanja, regate gondolijera, održavaju se u Veneciji od XII ili XIII stoljeća. Međutim, prvo veslanje za sport i rasonodu pojavilo se na rijeci Temzi, gdje je u XVI stoljeću robu i ljude prevozilo oko 10 000 lađara. Lađari su sami gradili svoje čamce, a održavali su i natjecanja; od njih su veslački sport preuzeli studenti: regata između timova univerziteta Oxford i Cambridge održava se od 1829. Iz Engleske se ovaj sport proširio na Ameriku i Evropu.

Prvi regatni čamci bili su obični dosta široki čamci s klupama, čvrstim ušicama na razni i dugim ravnim veslima. Ubrzo su čamci znatno suženi, sniženi i produženi, a da se sačuva povoljan unutarnji krak vesla, isturene su ušice (rašlje) izvan čamca pomoću izbočnika (1844). Produženje zaveslaja postignuto je pomičnim sjedalom s kotačićima (1877). Veslo je skraćeno i olakšano, a na svom je kraju dobilo konkavne lopate (1842). Današnji oblik čamca nastao je oko 1854.

Veslački se čamci grade za određeni broj veslača koji sjede licem prema krmu i veslaju jednim veslom ili dvjema veslima paričima; zovu se samac, dvojac na pariće, dvojac bez kormilara, dvojac s kormilarom, četverac bez kormilara, četverac s kormilarom i osmerac. Prema namjeni dijele se na *regatne čamce*, glatke i lagane, i na *čamce preklapne građnje*, teže i šire — za vježbanje i rasonodu.

Oblik i konstrukcija regatnih čamaca. Regatni su čamci dugi i uski s karakterističnim malim odnosom *B/T*. Oblik rebara se približava kružnom luku (sl. 32) i veoma je sličan kod svih regatnih čamaca. Praktički se može uzeti da su im forme geometrijski slične s ovim mjerilima u odnosu na samac: dvojac bez kormilara i dvojac na pariće 1,25, četverac bez kormilara 1,6, četverac s kormilarom 1,7, osmerac 2,2.



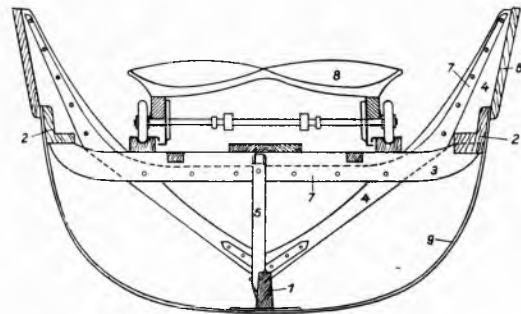
Sl. 32. Rebra regatnog čamca

Regatni su čamci precizno izgrađeni čamci kod kojih je sve podređeno postizanju što veće brzine. Podaci o njihovim karakteristikama sadržani su u tabl. 3.

Osnovna konstrukcija dugog, uskog i plitkog regatnog čamca sastoji se od kobilice i dvije razme (sl. 33), povezanih poprečnim letvama (koje nose sjedalo) i rebri izbočnika: poprečna letva je

		Samac	Dvojac na pariće Dvojac bez kormilara	Dvojac s kormilarom	Četverac bez kormilara	Četverac s kormilarom	Osmerac
LOA	m	8,0	9,8	10,9	12,5	13,0	17,3
LWL	m	7,8	9,6	10,7	12,2	12,7	17,0
BOA	cm	30	37	40	47	50	60
BWL	cm	28,6	35	38	45	48	57
T	cm	8,5	12	12,5	14	14,8	17
L/B		27,3	28,0	28,1	27,4	26,5	29,2
B/T		3,36	2,92	3,04	3,21	3,24	3,35
L/T		91,6	81,7	85,5	87,9	85,9	100,0
d	kp	95	190	250	370	430	800
Težina samog čamca	kp	15	33	35	60	62	112
Glavno rebro	dm ²	2,0	3,3	3,82	4,9	5,6	7,8
Oplakana površina	m ²	2,2	3,5	4,1	5,3	6,0	9,5
a		0,711	0,688	0,691	0,690	0,689	0,716
β		0,823	0,786	0,804	0,779	0,784	0,805
δ		0,501	0,470	0,493	0,481	0,476	0,486
φ		0,619	0,598	0,613	0,618	0,608	0,604
φ _v		0,704	0,684	0,713	0,697	0,691	0,679

vertikalnom uporom vezana s kobilicom. Objе razme povezane su dijagonalama koje sprečavaju torziju čamca. Rebra izbočnika i razma nose jaku obodnicu otvora koja je sprijeda produžena u valobran. Obodnica je na krajevima posebnim kosim potpornjima povezana s kobilicom, čime se povećava uzdužna čvrstoća čamca. Krajevi čamca često imaju vertikalni rešetkasti nosač sastavljen od kobilice, letve na sredini palube te vertikalnih i kosih letvica koje ih povezuju. Svi ovi dijelovi izrađuju se od sitkanske smrekovine ili oreganskog bora i jedni se na druge lijepe (nekad su se zakivali).



Sl. 33. Glavno rebro regatnog čamca. 1 Kobilica, 2 razma, 3 poprečna letva, 4 rebra izbočnika, 5 vertikalna upora, 6 obodnica otvora, 7 metalno pojačanje, 8 sjedalo, 9 oplata

Oplata nije nosivi element, ona samo zatvara čamac. Izrađuje se najčešće od jednog lista cedrelinog furnira (*Cedrela odorata*, zvana i zapadnoindijska cedrovina) debelog 2...3 mm; ovakvu oplatu podupiru kuhana rebra, letvice $\sim 8 \times 12$ mm. Oplata može biti i od ravne šperploče zakrivljene po formi; šperploča je napeta pa ne treba rebra kao pojačanje. Ponekad se oplata kombinira: preko šperploče cedrelin furnir. Mnogo bolja oplata dobije se lijepljenjem furnira unakrsno na kalupu; tako se dobije lagana i vrlo čvrsta ljuska, u stvari šperploča lijepljena na formi.

Čamci od umjetnih smola armiranih staklenim vlaknima tek se uvode. Oni imaju vanjsku ljusku i na nju prilijepljenu unutarnju ljusku koja je ujedno paluba i na koju se direktno pričvršćuju tračnice za sjedalo i odupirač za noge. Od pojačanja ostaju jedino rebra izbočnika.

Veliki čamci (osmerac i četverac), radi lakšeg transporta, grade se u nekoliko dijelova; sastavljaju se vijcima s krilnim maticama na okvirnim rebrihima kojima završavaju sekcije.

Oprema je regatnih veslačkih čamaca: sjedalo s odupiračem, izbočnik s ušicom i veslo. Sjedalo je pomično: ima kotačiće kojima putuje po užlijebnoj tračnici (v. sl. 33); dužina tračnice je 65...75 cm a počinje — po dužini čamca — u ravnini oslonca ušice; tračnica se ponekad blago uspinje prema pramcu (približno 3°). Visina tračnica (radi stabilneta što je moguće manja) obično

je ~ 18 cm iznad donje strane pete veslača, radi neometanog rada nogu. Veslač se nogama upire o odupirač postavljen pod ~ 45°; odupirač se može pomicati i učvrstiti na tračnicama, a gornji mu je dio izrađen od kože s vezicama, sličan cipeli. Među tračnicama sjedala učvršćene su letvice na koje veslač stupa prilikom ulaska u čamac.

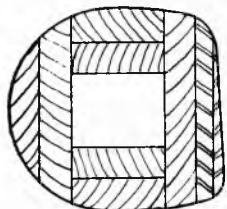
Izbočnik je cijevni konzolni nosač. Glavna sila — sila zaveslaja — prenosi se preko njega na čamac, pa je izrađen od dvije cijevi koje s čamcem čine trokut a pričvršćene su na rebra izbočnika. Sila uslijed težine vesla je znatno manja pa u vertikalnoj ravnini dostaje manja upora ili čak cijev koja povezuje vrh ušice s trupom čamca (sl. 34). Na kraju izbočnika je okretljiva ušica, najčešće podesiva (katkad do 6 cm uzdužno i do 10 cm bočno);



Sl. 34. Izbočnik s podesivom ušicom

udaljenost je ušice od simetrale čamca 78·85 cm, visina nad vodom oko 22 cm, odnosno visina od sjedala do donje plohe ušice 14,5·18 cm.

Vesla regatnih čamaca izrađuju se šuplja i profilirana (sl. 35); ravnom plohom nalijegaju na oslonac ušice (koji je također ravan) pa je položaj vesla pri uronjavanju i provlačenju kroz vodu miran i čvrst. Vesla se izrađuju od smrekovine ili drugog laganog elastičnog drva, a ponekad se pojačavaju tvrdim drvom liščara (jasen) na mjestu nalijeganja na ušicu i na rubovima lopate. Veslo je dugo 370·385 cm; na udaljenosti 108·116 cm od unutarnjeg kraja — na mjestu gdje leži u ušici — debelo je 60 × 62 mm i ima kožnati ili plastični prsten (graničnik). Na svom kraju veslo ima lopatu, žličasto konkavno proširenje dugo 60·80 cm i široko 24·16 cm; kraća i šira lopata ima težište bliže kraju vesla, tj.



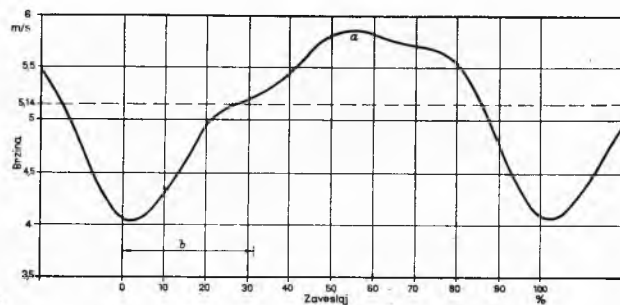
Sl. 35. Presjek kroz veslo na mjestu oslonca o ušicu

veslo ima veći vanjski krak (traži više snage). Parići su kraći od vesala: dužina im je 295·300 cm, lopata 47 × 20 cm, unutarnji krak 83·86 cm.

Otpor, propulzija, kormilarenje i maritimna svojstva regatnog čamca. Otpor regatnog čamca sastoji se od otpora trenja, otpora forme i otpora uslijed nestacionarnosti kretanja čamca (zalijetanja, posrtanja i poniranja).

Otpor trenja pretežni je dio sveukupnog otpora čamca, pa je potrebno da površina čamca bude glatka; ona se lakira i polira. Pokusi su pokazali da ne postoje nikakva sredstva (pokušavani su sapun, ulje, riblja sluz) koja bi smanjila otpor trenja, a također je izmjereno da povećanje sitnih neravnina površine laka od 0,1 mm na 0,2 mm pri brzini osmerca uzrokuje povećanje otpora za ~ 10%. Smanjenjem širine, povećanjem gaza i polukružnim oblikom uronjenog dijela rebra može se još smanjiti oplakana površina a time i otpor trenja; čamac pri tom gubi stabilitet, ali je praktički dokazano da je i takav čamac upotrebljiv.

Otpor forme regatnih veslačkih čamaca malen je i ne ovisi mnogo o obliku trupa. To dokazuju i promjene položaja težišta istisnine po dužini: pomicanje glavnog rebra (rebra s najvećom podvodnom površinom) u rasponu 0,42·0,57 L i težišta istisnine



Sl. 36. Promjena brzine osmerca za vrijeme zaveslaja (33 zaveslaja u minuti, vrijeme zaveslaja 1,793 s, vrijeme provlačenja vesla kroz vodu 0,568 s, srednja brzina 5,14 m/s); a brzina čamca, b provlačenje vesla kroz vodu

u rasponu 0,49·0,51 L nisu dali bitnih razlika u otporu (često se susreće dvojac s kormilarom na pramcu).

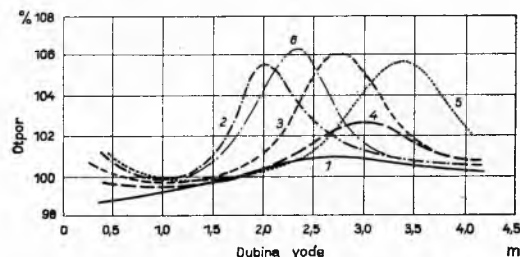
Brzina samog čamca oscilira za ± 25% oko srednje brzine u toku i između zaveslaja (sl. 36); cjelokupni sistem čamac + veslači (od čije mase veslači sačinjavaju 80·85%) dosta se naglo ubrzava za vrijeme djelovanja sile propulzije (čamac se zalijeće), po njenom prestanku se ispočetka lagano, a onda naglo usporava. Veći nego utjecaj zalijetanja čamca na otpor je njegovo posrtanje, tj. mijenjanje trima uslijed pomicanja veslača. Kut posrtanja je na početku i na kraju zaveslaja ~ 0,1°, a na sredini ~ 0,5°. Još je znatno veći utjecaj relativno velikog poniranja čamca, koje nastaje uslijed promjena brzine relativnog strujanja vode uz trup čamca, uslijed promjena vertikalne komponente sile na lopati vesla i uslijed vertikalnog pomicanja težišta veslača (veslači se u toku zaveslaja jako saginju).

Prosječne su vrijednosti otpora čamaca ove:

brzina	4,0	4,4	4,8	5,2	5,4	m/sek
otpor samca	5,4	6,4	7,5	—	—	kp
otpor osmerca	—	24	30	34	36	kp

Pojedine su komponente otpora, npr. osmerca pri brzini 5,5 m/s: otpor trenja 87,4%, otpor forme 7,9%, otpor zbog poniranja 3,1%, otpor zbog posrtanja 1,0%, a otpor zbog zalijetanja 0,6% od ukupnog otpora.

Otpor regatnih čamaca, kao i otpor svih brodova i čamaca, mijenja se na maloj dubini. Krivulje otpora najvećih brzina različitih čamaca (sl. 37) imaju maksimume pri različitim dubinama,



Sl. 37. Krivulje povećanog otpora čamca na malim dubinama. 1 Samac, 2 dvojac bez kormilara, 3 četverac s kormilarom, 4 četverac bez kormilara, 5 osmerac, 6 dvojac s kormilarom

a minimumi su im pri dubini od ~ 1 m. Iz tih krivulja slijedi da su za regatne čamca povoljne dubine 0,7·1,2 m i dubine veće od 4,5 m.

Jedino sredstvo propulzije regatnog čamca su vesla. Brzina čamca ovisi u znatnoj mjeri o tehnici veslanja, te pojedine momčadi na regatama nastoje primjenom tehnike koju smatraju najpovoljnijom postići prednost pred protivnicima. Dobar zaveslaj traži da veslo što brže naiđe na otpor u vodi, zatim da veslač ujednačeno i što brže provlači veslo kroz vodu koristeći se svojom punom snagom, a onda da se nakon vadenja vesla iz vode mirno vraća prema krmi uz opuštanje mišića radi odmora. O najpovoljnijem broju zaveslaja na minutu razilaze se teorije; obično iznosi na prugama dugim 3·4 milje 34·36, u završnici 38, na prugama dugim 1·1,5 milje obično 38·41 i 44·46 u završnici. pri veslanju parićima 35·38 i 40·42 u završnici.

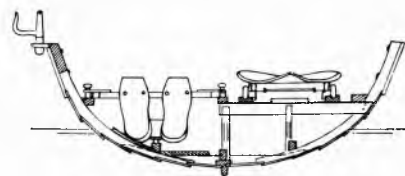
Kormilarenje kod veslačkih čamaca znači uglavnom održavanje kursa. Čamci imaju često na približno 2/3 dužine malu peraju, a na peraji, ili nešto iza nje (~1,8 m od korme), ili na krmenoj statvi, malo limeno kormilo. Kormilari kormilar koji ujedno daje takt veslačima; kod čamaca bez kormilara kormilari jedan od veslača.

Regatni veslački čamci grade se samo za postizanje brzina, regate se održavaju na sasvim mirnoj vodi; zbog toga oni ni nemaju *maritimnih svojstava*. U tim se uslovima ne traži ni *stabilitet*, te je on veoma malen zbog male širine čamca i visokog težišta sistema; eventualni nagibi pariraju se dugim veslima, a kad su vesla u zraku povećani dinamički stabilitet dostaje do idućeg oslonca na vesla u vodi.

Za gradnju i opremu regatnih čamaca ne postoje ograničenja ni propisi, pa su oni mogli biti dotjerani do visokog stupnja iskorišćenosti posada, njihove fizičke snage i korisnosti veslanja (stila), a i čamaca samih. Čamac tako zajedno s posadom daje rezultat, pa stoga nije ništa neobično da se čamci ponekad posebno grade za određene posade.

Čamci preklapne gradnje (klinker) služe za vježbu, izlete i rasonodu. Kako im brzina nije jedina svrha, grade se znatno masivnije, s preklapnom oplatom debelom 5-8 mm, masivnim rebriima i jačim uzdužnim elementima. Takvih čamaca ima tri vrste: *klinkeri* u užem smislu (katkad zvani i regatni gigovi), *gigovi* i *jole*. Da se izbjegne velika šarolikost i raznovrsnost čamaca,

i kobilicu te nose oplatu, a jaka obodnica otvora postala je prva gornja platnica. Preklapni se čamci grade s kobilicom dolje, na kostur (kobilica, razme, rebra) se zakivaju platnice oplate jedna povrh druge, odozdo prema gore.



Sl. 39. Glavno rebro jole

U posljednje se vrijeme preklapni čamci grade sve manje — zamjenjuju ih lakši, jeftiniji i trajniji čamci od umjetnih smola armiranih staklenim vlaknima. Česti su kompozitni čamci: oplata od armirane smole, unutrašnji elementi od drveta.

Vesla, ušice, izbočnici, sjedala i ostala oprema ista im je ili slična kao regatnim čamcima. *V. Karabić*

JEDRILICE

Jedro kao pogonsko sredstvo većih čamaca i brodova ovisilo je o njihovoj veličini i prilikama mora. Egipćani su imali poprečna križna jedra izrađena od papirusa. Feničani su brodove opremali dvjema jarbolima i lanenim križnim jedrima. Rimljani su od njih preuzeli takvo jedrilje a počeli su razapinjati na isti jarbol i drugo jedro povrh glavnog. U X st. pojavljuje se na Mediteranu latinsko jedro — jedro koje se postavlja uzduž broda. Križnim se jedrima jedri dobro niz vjetar i s vjetrovom na bok, latinska jedra dobro nose i s vjetrovom koso odsprijed; zbog toga su se na starim jedrenjacima kombinirano dizala križna i latinska jedra. Od latinskog jedra nastalo je sošno jedro, dosta upotrebljavano na jedrenjacima, čamcima i jahtama sve do iza prvog svjetskog rata, otkad dominiraju bermudska jedra, pa drugih jedara gotovo više ni nema. Tradicionalna jedra od pletera zadržala su se kod domorodaca u nekim predjelima Afrike i istočne Azije, a u Oceaniji u općoj je upotrebi rakova štipalika, jedro razapeto među ravnim ili zakrivljenim oblicama spojenim u čamcu i rastavljenim pri vrhu.

Veće čamce s jedrima za reprezentaciju i zabavu — jahte, gradili su Holandani u XVI st.; polovicom XVII st. jahte grade i Englezi, a postepeno i drugi pomorski narodi. To su bili lijepo građeni brodići po uzoru na brze krijumčarske i ribarske brodove. Nešto kasnije gradile su se jahte (kuteri) s ostrim dubokim pramcem (kao »glava bakalara«) i plosnatom krmom (kao »rep skuše«). Prve jahte za natjecanja bile su škune, dosta velike, od približno 100 t, ali se uskoro grade manje jahte opremljene kao kuteri i slupovi. Želja za većom brzinom uslovia je postavljanje većih jedara a time i balasta na dnu čamca; polovicom XIX st. ugrađuje se olovo kao vanjski balast. Natjecanja su se sve detaljnije počela regulirati pravilima, a također i jedrilice, koje su se počele razvrstavati prema vrijednosti izračunatoj uvrštavanjem izmjera jedrilice u formule. Jedna takva formula uzrokovala je u Engleskoj gradnju uskih jedrilica »lineala« (širina im je bila svega 10% dužine i 63% gaza, balast im je bio 60-75% istisnine), s lošim maritimnim svojstvima i ne brži od širokih američkih jedrilica.

Potkraj XIX st. grade se jahte manje veličine i u većem broju. Značajnu ulogu u razvoju jedrilica i sporta imalo je englesko jedriličarsko udruženje Yacht Racing Association (osnovano 1875), koje je 1908 donijelo pravila za gradnju regatnih jahta; nagli razvoj gradnje jedrilica prekinuo je prvi svjetski rat. Po završetku rata gradi se sve više jedrilica; sošna jedra zamijenjena su bermudskim. Iza drugog svjetskog rata porast broja jedrilica je nagliji: to su sve manje jedrilice ali u znatno većem broju, a razvoju pomažu novi materijali (armirane smole, sintetička vlakna za jedra) i bolja oprema jedrilica.

Otpor i propulzija jedrilica. Jedrilice su jedini tip čamca kod kojeg, s obzirom na otpor i propulziju, hidrodinamičke i aerodinamičke sile imaju podjednako važnu ulogu. Brzina jedrilice i općenito njeno ponašanje pri jedrenju jednako ovise o obliku trupa i o obliku jedrilja, a i o njihovom međusobnom odnosu. Aerodinamičke i hidrodinamičke sile koje djeluju na jedrilicu toliko su složene i među sobom isprepletene da je nemoguće nekim analitičkim ili eksperimentalnim metodama unaprijed pouzdano odrediti otpor jedrilice i tačno predvidjeti njena propulzijska svojstva pri različitim stanjima vjetrova i mora.

Raspored sila i brzina. Za vrijeme jedrenja na nadvodni dio trupa jedrilice i na jedrilje djeluje vjetar. Budući da je jedro u stvari zračno krilo, strujanjem zraka na jedru nastaje korisna sila, jedro pretvara energiju vjetrova u poriv koji pokreće jedrilicu. Koliki će se dio energije vjetrova iskoristiti kao poriv ovisi primarno o obliku, smještaju i položaju jedra, a sekundarno i o utjecaju nadvodnog dijela trupa na raspored stanjuna vjetrova oko jedra.

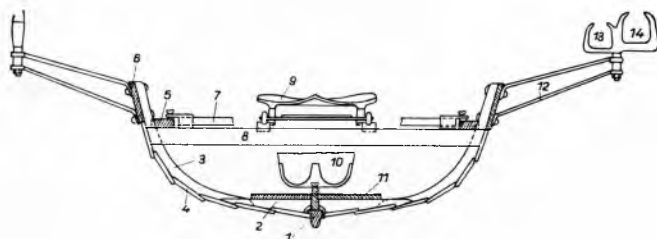
Na podvodni dio trupa djeluju hidrodinamičke sile izazvane kretanjem jedrilice kroz vodu. Veličina tih sila ovisi o podvodnom obliku trupa, brzini plovidbe i stanju morske površine. Sile koje djeluju na jedrilicu, na njen trup i jedra, imaju različite veličine, smjerove i hvatišta, pa u stanju ravnoteže svih sila i njihovih momenata jedrilica ne plovii uspravno niti u smjeru svoje uzdužne osi, već ima bočni nagib, uzdužna simetrala jedrilice stoji koso s obzirom na kurs plovidbe (zanošenje), a može postojati i izvjesni uzdužni nagib (trim). Stoga je, s obzirom na

Tablica 4
PREKLAPNI ČAMCI

Čamac	Najveća dužina, m	Najmanja maksimalna širina, cm	Najmanja maksimalna dužina, cm	Najmanja težina, kg	Najmanji broj platnica
Samac klinker gig A	7,5 6,5	35 60	15* 26	20 30	12 12
Dvojac gig C jola	8,5 8,5	78 100	32 35	60 60	14 12
Četverac klinker gig C jola	12,5 11,0 10,5	60 78 105	21* 33 38	80 80 90	12 14 14
Osmerac klinker gig B	17,5 17,5	70 85	22* 32	160 185	12 14

* dubina do razme, bez obodnice.

graditelji se pridržavaju propisa i dimenzija veslačkih foruma (tabl. 4). Klinker-čamci su veoma slični regatnim čamcima samo su nešto širi, teži i kraći od njih. Krajevi tih čamaca pokriveni su palubom. Gigovi su znatno kraći, širi i viši od regatnih čamaca (sl. 38). Posve su otvoreni. Jole su još kraće i tako široke da im je ušica za veslo na razmi (sl. 39). Rebra im nad vodom imaju izrazitiji oblik V nego rebra gigova, pa jole imaju znatno bolja maritimska svojstva nego gigovi.



Sl. 38. Glavno rebro giga. 1 Kobilica, 2 rebrenica, 3 rebro izbočnika, 4 platnica, 5 razma, 6 gornja platnica, 7 letva s odupiračima (podesiva), 8 poprečna letva, 9 sjedalo, 10 odupirač, 11 podnice, 12 izbočnik, 13 ušica za parić, 14 ušica za veslo

Konstrukcija kostura preklapnih čamaca donekle je slična konstrukciji kostura regatnih čamaca; razme su među sobom povezane dijagonalama, masivna rebra s rebrenicom povezuju razme

strujanje vode, uronjeni dio trupa jedrilice nesimetričan. Kut zanošenja β i kut bočnog nagiba φ ovise i o tome kako je kormilar postavio jedro i kormilo, što znači da na veličinu hidrodinamičkih sila ne utječe samo manje ili više uspjele rješenja oblika trupa, koje daje projektant, nego i vještina kormilara.

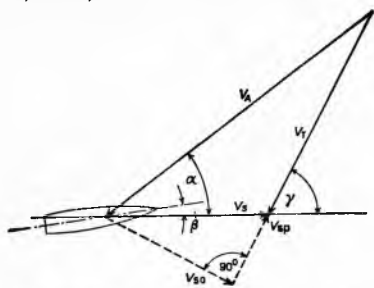
Osim aerodinamičkih i hidrodinamičkih sila na jedrilicu djeluje i gravitacijska sila (ukupna težina jedrilice) i hidrostatika sila — uzgon jedrilice.

Analiza sila i razmatranje njihovog utjecaja na ponašanje jedrilice polaze od ravnoteže sila i momenata, ali su pri tome potrebne brojne pretpostavke koje predstavljaju znatno pojednostavnjenje u odnosu na stvarno stanje jedrilice u vožnji. Tako se npr. pretpostavlja da su snaga i smjer vjetra konstantni i da se ne mijenjaju po visini jedra; da su valovi tako maleni da ne utječu na veličinu i raspored hidrodinamičkih sila; da je brzina jedrilice konstantna, da jedro djeluje kao kruto zračno krilo, da su kut bočnog nagiba β i kut zanošenja φ konstantni itd.

Veličina i smjer djelovanja tačno su definirani jedino za težinu i uzgon jedrilice. Težina jedrilice Δ i težište jedrilice, tj. hvatište sile teže, mogu se odrediti i proračunati prema nacrtu jedrilice, a smjer djelovanja sile teže je vertikalno prema dolje. Uzgon F_L je po veličini jednak težini Δ , a suprotnog smjera, s hvatištem u težištu istisnine, koje se za poznati gaz i nagib jedrilice može odrediti iz nacrtu linija odnosno dijagramskog lista.

Aerodinamičke sile djeluju na nadvodni dio jedrilice, a hvatište rezultante je negdje na jedru. Ponekad se pretpostavlja da hvatište leži u težištu jedra, a ponekad da je na samom jarbolu, ali i jedna i druga pretpostavka samo su gruba približenja. Slično se uzima da je hvatište rezultirajuće hidrodinamičke sile u težištu podvodnog lateralnog plana trupa, što je također samo grubo približenje.

Jedrilica se smatra to boljom što veću brzinu postigne jedreći uz vjetar. Stvarni vjetar brzine V_T započinje se na jedrilici uslijed njene vlastite brzine V_S kao prividni ili relativni vjetar V_A , koja je veća i drugog smjera nego brzina V_T . Prikazane vektorski, brzine V_T , V_A i V_S zatvaraju trokut (sl. 40). Brzina jedrilice V_S može se rastaviti na komponentu V_{Sp} u smjeru brzine stvarnog vjetra i komponentu V_{So} okomitu na smjer stvarnog vjetra. Komponenta V_{Sp} uzima se kao mjerilo kvaliteta jedrilice, tj. ta komponenta treba da je što veća. Vrijednost V_{Sp} , međutim, ne mora biti maksimalna u slučaju kad je V_S maksimalna niti kad je kut γ između smjerova V_S i V_T minimalan. Vješt kormilar odabira kurs plovitbe i napadni kut vjetra tako da je napredovanje jedrilice u smjeru vjetra maksimalno.

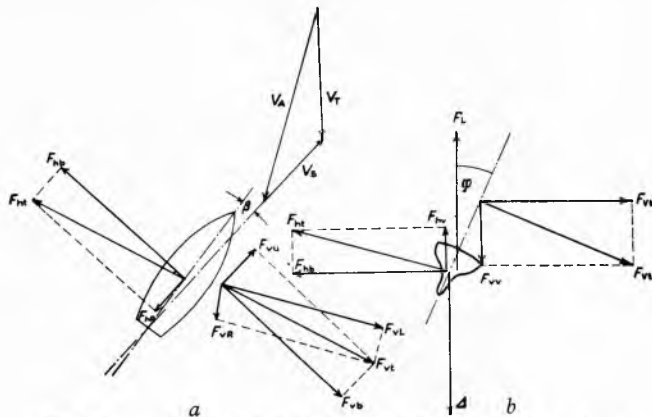


Sl. 40. Trokut brzina pri edrenju uz vjetar

Pretpostavivši da jedro djeluje kao zračno krilo (aerofol), ukupna sila vjetra F_{vt} (sl. 41) može se u horizontalnoj ravnini rastaviti na ove komponente (sl. 41 a): na komponentu u smjeru vožnje F_{vu} (pogonska sila vjetra) i na komponentu okomitu na smjer vožnje F_{vb} (bočna sila vjetra), odnosno na komponentu u smjeru relativnog vjetra F_{vr} (sila otpora vjetra) i na komponentu okomitu na smjer relativnog vjetra F_{vL} (sila uzgona vjetra). U poprečnoj vertikalnoj ravnini (sl. 41 b) ukupna sila F_{vt} može se rastaviti na vertikalnu komponentu F_{vv} usmjerenu prema dolje i na bočnu komponentu F_{vb} . Slično se može pretpostaviti da se i podvodni dio trupa jedrilice, pri malim kutovima zanošenja, ponaša kao podvodno krilo (hidrofoil) malog omjera širine i dužine. Stoga se (sl. 41 a) i rezultirajuća hidrodinamička sila F_{ht} može u horizontalnoj ravnini rastaviti na bočnu komponentu F_{hb} okomitu na smjer vožnje i na komponentu u smjeru

vožnje F_{hr} (hidrodinamički otpor), odnosno (sl. 41 b) u poprečnoj vertikalnoj ravnini na vertikalnu komponentu F_{hv} usmjerenu prema gore i na bočnu komponentu F_{hb} .

Ovakvo rastavljanje sila na komponente potrebno je radi eksperimentalnih ispitivanja na modelima. Za neke poznate ili pretpostavljene uvjete (brzina vjetra, brzina plovitbe, kut zanošenja β , kut bočnog nagiba φ) na modelu se pomoću višekomponentne vage izmjere pojedine komponente sila, pa se na osnovu dobivenih rezultata odredi njihova međuovisnost i ovisnost o pretpostavljenim uvjetima.



Sl. 41. Raspored sila na jedrilici i njenom jedrilju pri jedrenju uz vjetar

Eksperimentalna istraživanja svojstava jedrilice. Stanje ravnoteže svih sila i momenata koji djeluju na jedrilicu moglo bi se izraziti osnovnom jednadžbom koja bi kao članove imala: hidrostatičke sile, hidrodinamičke sile na podvodnom dijelu trupa, aerodinamičke sile na nadvodnom dijelu trupa, utjecaj jedra na aerodinamičke sile na trupu, aerodinamičke sile na jedru i utjecaj nadvodnog dijela trupa na aerodinamičke sile na jedru. Suma svih tih članova definirala bi ukupno ponašanje jedrilice. Međutim, današnje znanje hidrodinamike, aerodinamike i matematike još je nedovoljno da se pojedini članovi izraze numerički, pa je stoga nemoguće čisto matematičkim putem unaprijed proračunati i predskazati svojstva jedrilice s obzirom na njezin otpor, propulziju i ponašanje u cjelini. Pri ispitivanju modela nemoguće je istovremeno zadovoljiti različite zakone sličnosti kojima se pokoravaju vrlo složene pojave kad jedrilica jedri, pa se vrijednosti pojedinih članova osnovne jednadžbe ponašanja jedrilice ne mogu tačno odrediti ni eksperimentalnim putem. Mjerenja na jedrilicama u naravnoj veličini zahtijevaju vrlo složene mjerne uređaje i mjerne metode, pa se ni tim načinom do danas još nije došlo do rješenja osnovne jednadžbe koja definira ponašanje jedrilice.

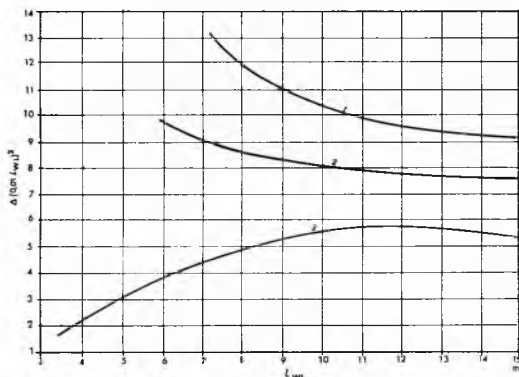
Ipak dosadašnja ispitivanja modela jedrilica i jedara u bazenima s vodom i u zračnim tunelima dala su dosta kvalitativnih podataka koji su vrlo korisni projektantu pri projektiranju trupa i jedrilja, a kormilaru za upravljanje jedrilicom.

Kod jedrilice postoji međuovisnost između podvodnog oblika trupa i jedrilja. Do sada još nisu sistematski ispitivane serije modela jedrilica pa stoga nisu utvrđeni optimalni parametri oblika trupa za jedan određeni tip jedrilja i obratno. U svakom slučaju bitno je da su podvodne i nadvodne površine jedrilice tako izbalansirane da nije potreban velik kut kormila kad se jedri oštro uz vjetar.

Na temelju dosadašnjih iskustava s jedrilicama i ispitivanja na modelima i u naravi utvrđene su u širim granicama približne optimalne vrijednosti pojedinih parametara trupa. Širina na vodnoj liniji B_{WL} važna je prvenstveno za stabilitet jedrilice. Povećanjem širine na vodnoj liniji povećava se metacentarska visina i sposobnost jedrilice da nosi više jedara, ali se povećava i otpor trupa i pogoršavaju svojstva jedrilice u plovitbi uz vjetar na uzburkanom moru. Prosječne vrijednosti omjera L_{WL}/B_{WL} iznose 2,5...3,7, s time da niže vrijednosti omjera odgovaraju manjim dužinama jedrilice. Omjer širine na vodnoj liniji i gaza B_{WL}/T kreće se za krstaše od 1,2 do 2,5 a za male jedrilice od 2 do 6.

Budući da je brzina jedrilice vrlo promjenljiva, teško je odabrati povoljnu vrijednost prizmatičkog koeficijenta φ . Za relativne brzine $V/\sqrt{L} > 1,2$ prizmatički koeficijent treba da je 0,55 ili manji. Uzima se da u području relativnih brzina $V/\sqrt{L} = 1 \dots 1,15$ najbolje odgovara $\varphi = 0,51 \dots 0,54$. Za veće relativne brzine $V/\sqrt{L} = 1,25 \dots 1,35$ optimalna vrijednost prizmatičkog koeficijenta iznosi $\varphi = 0,55 \dots 0,58$. Koeficijent glavnog rebra β i oblik glavnog rebra znatno se razlikuju kod raznih tipova jedrilica. Male jedrilice s pomičnom perajom imaju relativno puna glavna rebra, pa uzvoj dna iznosi $10 \dots 15^\circ$. Lakše jahte imaju uzvoj dna $30 \dots 35^\circ$, a teže jahte i do 40° , tj. glavno rebro im je znatno finije, a koeficijent β vrlo nizak.

Jedan od značajnijih faktora za otpor jedrilice je omjer istisnine i kuba dužine: $\Delta/(0,01 L_{WL})^3$. Za tri osnovna tipa jedrilica

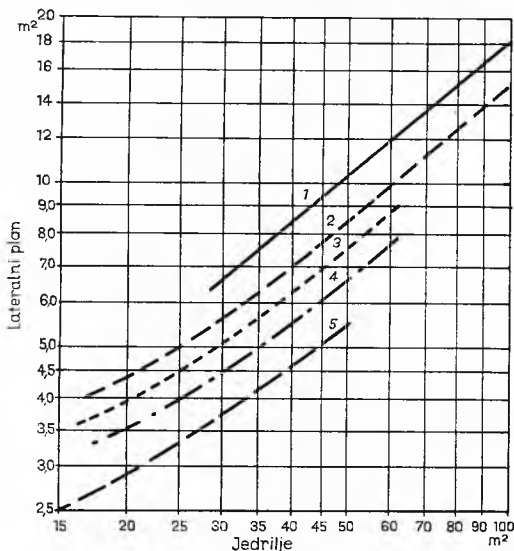


Sl. 42. Prosječne vrijednosti $\Delta/(0,01 L_{WL})^3$. 1 Oceanske jahte, 2 obalne jahte, 3 male jahte s čvrstom i pomičnom perajom

prikazane su na sl. 42 prosječne vrijednosti tog omjera u ovisnosti o dužini jedrilice. Položaj težišta istisnine po dužini broda povezan je s rasporedom težina, a utječe na uravnoteženost jedrilice i njezinu brzinu. Ispitivanja su pokazala da je za relativne brzine $V/\sqrt{L} = 1 \dots 1,2$ optimalni položaj težišta istisnine u udaljenosti $0,52 \dots 0,54 L_{WL}$ iza prednje okomice.

S obzirom na otpor trupa, i to naročito na uzburkanom moru, povoljno je da pramčana rebra budu oblika V. Da se poveća uzgon na krmi, krmena rebra mogu biti umjerenog oblika U. Povoljno je da pramčani kut vodne linije bude unutar $22 \dots 25^\circ$, a pramčane linije da su ravne ili gotovo ravne.

Podvodni dio trupa, uključujući kobilicu i kormilo, stvara poprečnu uzgonsku silu koja se suprotstavlja bočnoj sili vjetra na jedrima. Budući da podvodni dio jedrilice djeluje slično kao

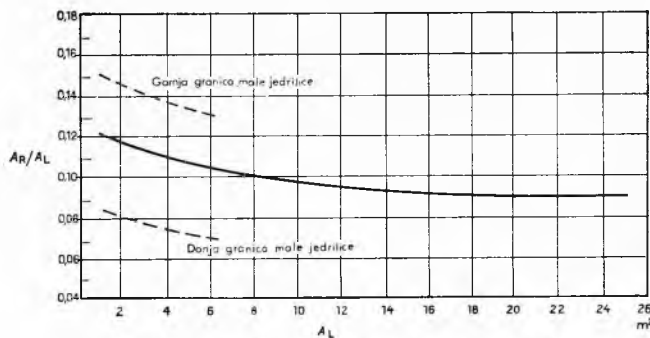


Sl. 43. Omjer površine jedara i površine lateralnog plana. 1 Oceanske jahte, 2 jahte za krstarenje, teže, 3 jahte za krstarenje, lakše, 4 male jahte, 5 jezerske jahte

podvodno krilo, poprečna uzgonska sila bit će to veća što je omjer između gaza jedrilice i uronjene lateralne površine veći (slično: v. *Brod*, TE 2, str. 224). Povećanjem gaza, uz jednaku površinu kobilice, smanjuje se zanošenje i povećava brzina pri jedrenju uz vjetar, odnosno smanjenjem površine kobilice uz isti gaz smanjuje se otpor i povećava brzina pri konstantnom kutu zanošenja. Stoga povećanje lateralne površine kobilice može više povećati otpor nego poboljšati ostala svojstva jedrilice. Omjer jedara i površine lateralnog plana raznih jedrilica prilično je različit (sl. 43).

Ispitivanja modela pokazala su da na kobilicu otpada $60 \dots 80\%$ bočne sile i $\sim 25\%$ otpora. Vodne linije na ulaznom dijelu kobilice ne smiju biti suviše pune, jer to povećava otpor kad jedrilica plovi nagnuta na bok. Kobilica s bulbom na dnu povećava stabilitet i sposobnost jedrilice da nosi više jedara, ali povećava i otpor, pa je stoga često u krajnjoj liniji nepovoljnija od kobilice bez bulba. Na osnovu ispitivanja modela može se zaključiti da je najpovoljniji strujni profil presjeka kobilice koji ima omjer dužine i širine oko 12, s time da je maksimalna debljina kobilice smještena na $25 \dots 30\%$ dužine iza ulaznog brida. Međutim, većinom se mora naći kompromis između hidrodinamički najboljeg oblika kobilice i oblika potrebnog da težište kobilice odgovara zahtijevanom rasporedu težina trupa.

Kormilo jedrilice je redovito direktni nastavak kobilice i predstavlja važan dio uronjenog lateralnog plana. Na sl. 44 prikazane su prosječne vrijednosti omjera površine kormila A_R i površine uronjenog lateralnog plana A_L . Efikasnost kormila povećava se s njegovom visinom h , dok sam oblik plohe kormila ima znatno manji utjecaj. Ipak, efikasnost cjelokupnog uronjenog lateralnog plana može se ponekad povećati ako je kontura izlaznog brida kormila pravocrtna, a ne, kao što je većinom uobičajeno, eliptička. Ravan izlazni brid kormila s oštrokutnom petom na dnu smanjuje zanošenje jedrilice i pomiče prema krmi



Sl. 44. Omjer površine kormila i lateralnog plana jedrilica

hvatiste bočne sile na podvodnom dijelu trupa. Omjer kvadrata visine kormila i površine kormila h^2/A_R iznosi za jedrilice malog gaza $\sim 2,5$, a za krstaše i do 5.

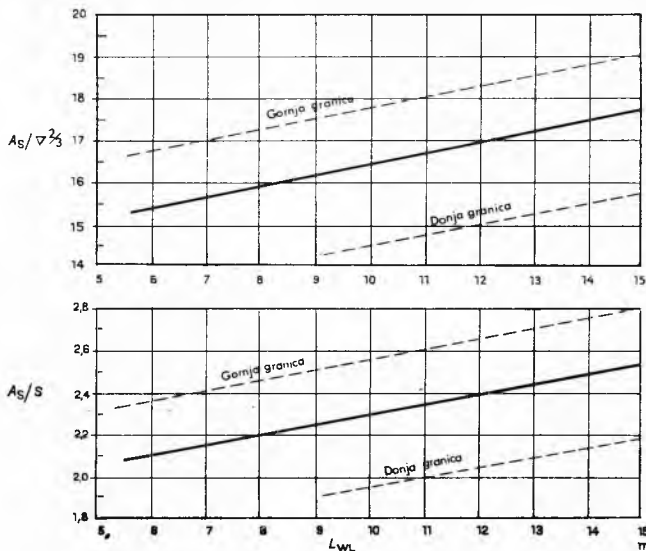
Ispitivanja modela su ipak bar u osnovnim crtama razjasnila utjecaj glavnih parametara oblika trupa na otpor i propulziju jedrilice; o jedrima se zna mnogo manje. Za optimalno ponašanje jedrilice pogonska sila na jedrima mora biti u nekoj određenoj relaciji s otporom trupa, ali do sada još ne postoji direktan način da se procijeni pogonska sila proizvedena na jedrilju određene površine i tipa u određenim uvjetima vjetra. Budući da je pogonska sila proporcionalna površini jedara A_S , a otpor trupa je pri manjim brzinama proporcionalan oplakanoj površini S , odnosno pri većim brzinama istisnini ∇ , obično se odnos jedrilja i trupa izražava omjerima A_S/S i $A_S/\nabla^{2/3}$ (sl. 45 i 46). Iz tih dijagrama vidi se da su prilično velike razlike između maksimalnih i minimalnih vrijednosti A_S/S i $A_S/\nabla^{2/3}$ za istu dužinu jedrilice, što je posljedica vrlo različitih tipova jedrilica koje se danas grade i opremaju.

Do sada je nedovoljno istražena ovisnost pogonske sile o obliku jedra, a pogotovo o međusobnom utjecaju više jedara. Kao osnovni parametar oblika bermudskog jedra upotrebljava se omjer između kvadrata visine jedra h_s i površine jedra A_s . Velik omjer h_s^2/A_s znači visoko i usko jedro, što bi u aerodinamičkom

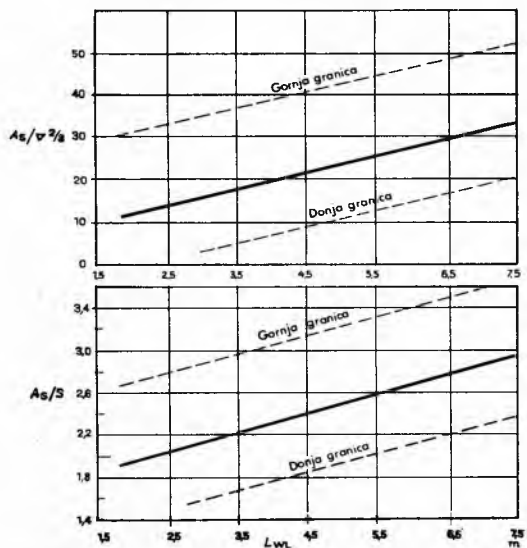
pogledu trebalo biti povoljno, ali praktički to obično nije slučaj. Visoka i uska jedra se pod pritiskom vjetra toliko izvrtopere da im se smanjuje efikasnost, a s druge strane suviše visoka jedra nepovoljna su i za stabilitet jedrilice. Prema dosadašnjem iskustvu optimalna je vrijednost $h_s^2/A_s \approx 4,5$. Ispitivanja su pokazala da se povećanjem omjera h_s^2/A_s od 4,5 na 6,5 (ako svi ostali parametri ostanu nepromijenjeni) za određenu snagu vjetra povećava bočni nagib jedrilice od 20° na 25° . Uslijed većeg bočnog nagiba poraste otpor trupa i smanjuje se efektivna površina jedra, a time i pogonska sila, pa se potpuno poništava bolje djelovanje jedrilja većeg omjera h_s^2/A_s .

Ispitivanja modela pokazala su da kut bočnog nagiba φ osjetljivo utječe na brzinu jedrilice. Povećanjem bočnog nagiba povećava se otpor trupa i smanjuje pogonska sila vjetra na jedru. Kad se jedri stalnim kursom oštro uz vjetar, optimalni kut bočnog nagiba ovisi o brzini vjetra; povećanjem brzine stvarnog vjetra V_T i brzine jedrilice V_S povećava se i optimalni kut bočnog nagiba sve do jedne kritične vrijednosti $\varphi \approx 28 \dots 30^\circ$. Pri tom kritičnom kutu nagiba vjetar počinje »bježati« iz jedra pa se brzina jedrilice naglo smanjuje.

Kad se jedri oštro uz vjetar konstantne brzine, postoji samo jedan optimalni napadni kut α prividnog vjetra na jedro pri kojem je V_{sp} (komponenta brzine jedrilice u smjeru stvarnog vjetra) maksimalna. Optimalne su vrijednosti napadnog kuta obično $\alpha = 8 \dots 14^\circ$. Ako je napadni kut prividnog vjetra veći



Sl. 45. Omjer površine jedrilja i istisnine $A_s/v^2/S$ i omjer površine jedrilja i oplakane površine trupa A_s/S za jahte



Sl. 46. Omjer površine jedrilja i istisnine $A_s/v^2/S$ i omjer površine jedrilja i oplakane površine trupa A_s/S za male jedrilice s pomičnom i čvrstom perajom

od optimalnog, brzina se jedrilice smanjuje a bočni nagib povećava; ako je taj kut manji od optimalnog, smanjuju se i brzina i bočni nagib jedrilice. S povećanjem brzine stvarnog vjetra V_T smanjuje se optimalni napadni kut vjetra na jedro. Pri velikim brzinama vjetra, $V_T \geq 13$ čv, vrijednosti optimalnog napadnog kuta prividnog vjetra i optimalnog bočnog nagiba jedrilice ovisi u prvom redu o karakteristikama trupa. Za srednje brzine vjetra optimalni napadni kut ovisi o utjecaju koji bočni nagib ima s jedne strane na otpor trupa, a s druge strane na otpor i uzgon jedrilja, tj. napadni kut podjednako ovisi o karakteristikama trupa i karakteristikama jedrilja. Pri niskim brzinama vjetra optimalni napadni kut prividnog vjetra ovisi samo o karakteristikama jedrilja.

A. Sentić

Jedra na posve malim jedrilicama mogu imati različite oblike, npr. oglavna, poduprta letvama slično lepezi, latinska s donjim debljenjakom (sl. 47), itd.

Takva niska i široka jedra bolje odgovaraju tim malim jedrilicama, koje nemaju dovoljno stabilneta da podnesu visoka jedra; niska široka jedra osim toga bolje iskorišćuju snagu vjetra pri povoljnom vjetru i vjetru koji puše u krmu čamca: na jedru se stvara veći pritisak vjetra, negativni pritisak na stražnjoj ivici jedra je malen pa jedro dobro stoji a na zavjetrinskoj strani jedra stvara se znatna korisna porivna sila — usis. Visoka trokutna jedra, pak, stvaraju veću porivnu silu kod

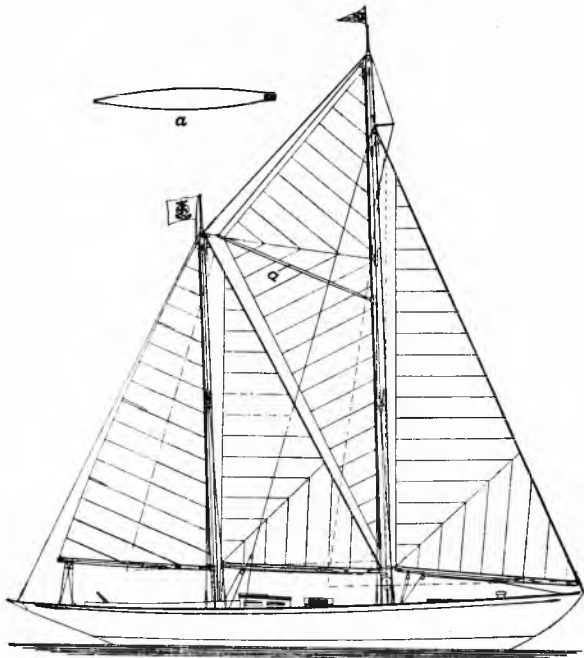


Sl. 47. Latinsko jedro s debljenjakom

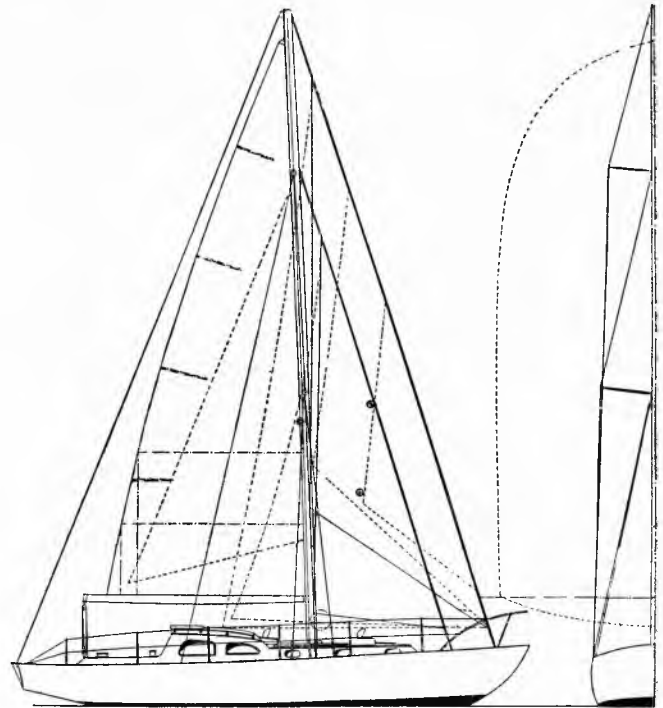
jedrenja pod malim kutom prema vjetru. Zato su česta i na malim jedrilicama, naročito na jedrilicama namijenjenim regatama. Veće jedrilice jedre danas samo trokutnim jedrima različitih oblika, koji se podižu na jarbolu i drugdje. *Bermudsko jedro* ima oblik pravokutnog trokuta s duljom katetom uz jarbol po kojem se jedro podiže; jarbol ima utor u koji ulazi porubnik jedra (posebni u tu svrhu prišiveni konop); može imati i metalnu ili plastičnu tračnicu, a jedro prišiveno klizače. Na donjem rubu (kraćoj kateti) jedro nosi debljenjak (oblicu koja razapinje jedro u horizontalnom smjeru), i to većinom također pomoću porubnika i utora ili tračnice i klizača. Jedrilice s dva ili više jarbola mogu prostor među jarbolima bolje nego bermudskim jedrima iskoristiti *jarbolnim jedrima* (trokutnim s najdužom stranicom uz jarbol) čije uzde idu na stražnji jarbol, u kombinaciji s *letnim jedrima* (trokutnim s najdužom stranicom uz leto). Pobjoljšana takva snast je *wishbone*: jarbolno jedro se napinje na simetrični dvodijelni sošnjak zakrivljen u obliku profila jedra (sl. 48).

Prečke su trokutna jedra koja se razapinju između jarbola i pramca, a ponekad i među jarbolima. Izrađuju se plosnate i obično ih jedrilice imaju više pa ih mijenjaju prema uslovima vjetra. Ima ih malih (od nekoliko kvadratnih metara), srednjih i velikih; često premašuju površinom jedra; velike prečke nazivaju se denovskim prečkama, a prečke među jarbolima, čadavkama. *Spinakeri* su kuglasta jedra za jedrenje s vjetrom u krmu. Ponekad imaju rupe koje im doduše smanjuju površinu i pritisak vjetra na njih, ali ih podižu ili stabiliziraju strujanje u njih zbog čega mirnije stoje. *Olujno jedro* je posebno malo i čvrsto jedro postavljeno uz jarbol s najduljom stranicom prema krmu i slobodnim vrhom od koga ide uzda direktno kormilaru.

Jedra se izrađuju za određene vremenske uslove. Jedra za lakše vjetrove i sporije jedrilice imaju veće izbočenje (do 1 : 10), jedra za jače vjetrove su ravnija (do 1 : 14); prema namjeni izabire se lakši ili teži (jači) materijal za jedra. Profil (izbočenje) jedra dobije se krojenjem njegovih stranica s izbočenim lukovima. Prečke se kroje gotovo ravne, samo su velike prečke (za vjetrove od krmice ili u bok) blago izbočene. Nekad su se jedra šivala od lanenog



Sl. 48. Keč wishbone »Mar-i-sol« (Abeking & Rasmussen); $L_{OA} = 13,68$ m, $B = 2,85$ m, $T = 1,9$ m, $\Delta = 9,85$ t, površina jedrilja 90 m²; a dvodijelni wishbone sošnjak

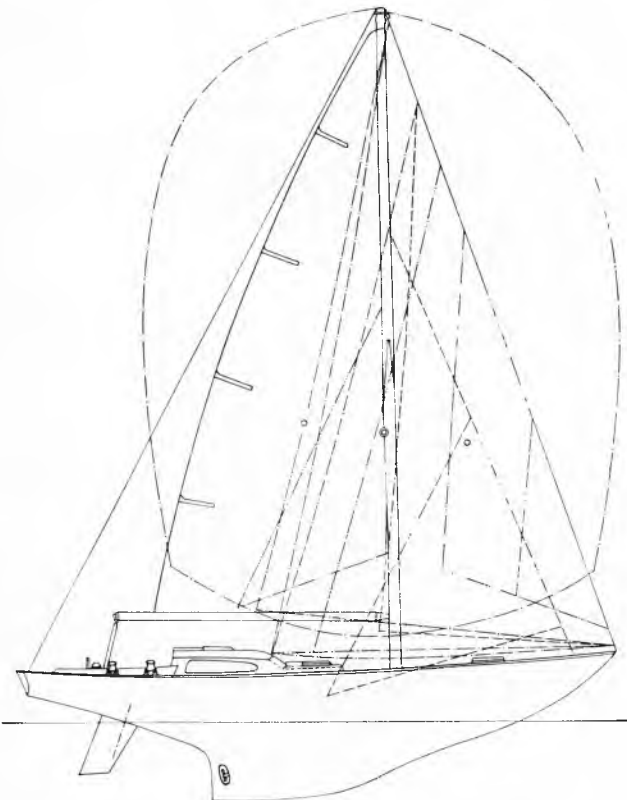


Sl. 50. Kuter »Gazelle« (N. Knowler); $L_{OA} = 10$ m, $B = 2,4$ m, $T = 1,75$ m, $\Delta = 4,5$ t, balast $2,1$ t, jedrilje 39 m²

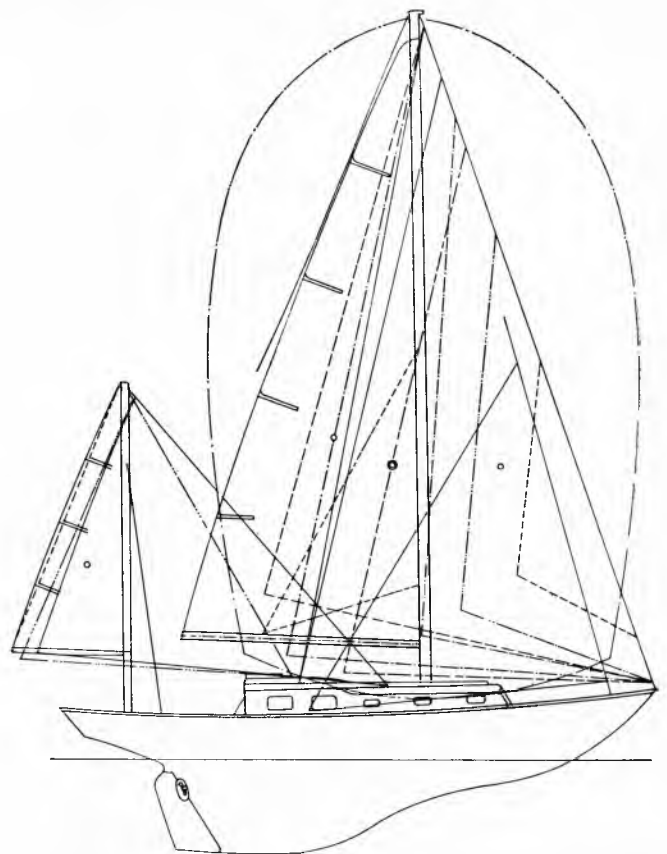
platna, u ovom stoljeću od pamuka, a danas sve više od sintetičkih poliesterskih vlakana (Terylene, Dacron, Diolen). Tkanje sintetičkih vlakana obrađuje se glačanjem (kalanderima) i silikonima tako da postane veoma glatko, a posve je neosjetljivo na vlagu, sol i sunce. Spinakeri se izrađuju najčešće od najlonskog platna, katkad obojenog.

Podigači i uzde jedara izrađuju se također od poliesterskih ili najlonskih vlakana, a u upotrebi su također pamučni i kudeljni konopi i fleksibilna čelična čela. Za pritezanje uzdi i podigača često se upotrebljavaju mala ručna vitla na palubi i jarbolu.

Male jedrilice imaju često samo jedno jedro — taj se tip jedrilica zove *ket* (cat, v. sl. 47). Prednjim malim jedrom, uz glavno, poboljšavali su još Feničani manevarska svojstva broda. Gledano aerodinamički, prečka pojačava i ubrzava strujanje u zavjetrini jedra i znatno pojačava vučnu silu jedra. Jedrilica s jedrom i prečkom zove se *slup* (sloop, sl. 49). Moderne jedrilice imaju relativno malo jedro i mnogo prečki, od kojih su neke veće nego samo



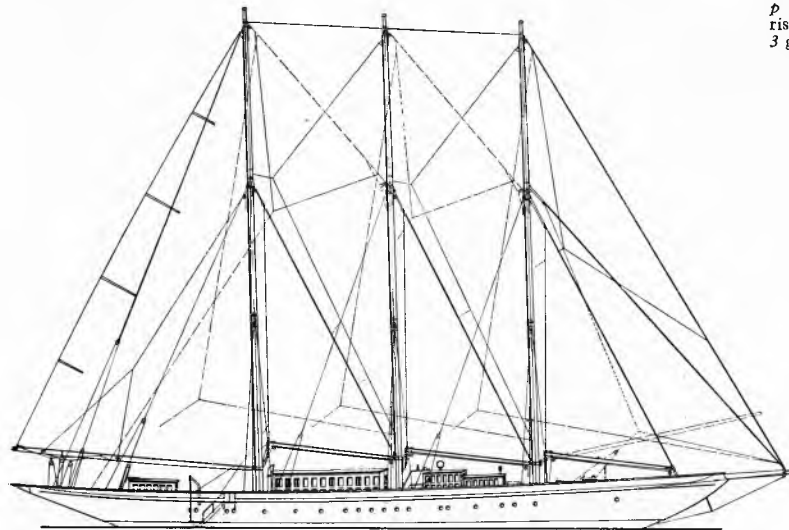
Sl. 49. Slup »Columbia 50« (B. Tripp); $L_{OA} = 15,25$ m, $B = 3,81$ m, $T = 2,5$ m, $\Delta = 12,5$ t, balast 6 t, jedrilje 91 m² (donje leto se samo katkad razapinje)



Sl. 51. Jol »Black Watch« (T. Hood); $L_{OA} = 11,6$ m, $B = 3,14$ m, $T = 1,56$ m, $\Delta = 7,14$ t, jedrilje 60 m²

jedro; dizanjem određene prečke postavlja se željena površina jedrilja, pa su s više prečki moguće brojnije kombinacije.

Kuter (cutter) je jedrilica s jednim jedrom i dvije prečke (sl. 50). *Jol* (yaw), jedrilica s jednom ili više prečki i glavnim jedrom, ima i malo jedro na jarbolu na samoj krmu (sl. 51), koje poboljšava manevarska svojstva. Definira se kao jedrilica sa stražnjim jarbolom postavljenim iza završetka vodne linije, za razliku od *keča* (ketch), koji ima jarbol ispred završetka vodne linije i znatno veće jedro. Veće krmeno jedro keča snižuje opće težište jedrilja (u odnosu na slup iste površine jedrilja) i time poboljšava maritimnost, a ujedno je i rukovanje s više manjih jedara lakše. Keč može imati i jarbolna jedra s letnim jedrima ili, slično, wishbone jedrilje (v. sl. 48). *Škuna* (golete) su jedrilice sa stražnjim jarbolom i jedrima na njemu većim od prednjeg, a mogu imati i tri jarbola;

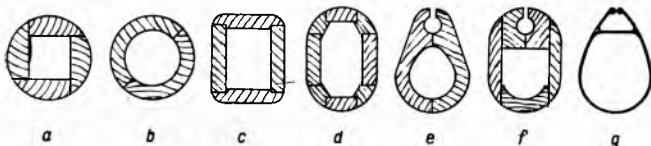


Sl. 52. Škuna s jarbolnim i letnim jedrima »Creole« (Ch. Nicholson); $L_{OA} = 62,42$ m, $B = 10,17$ m, $T = 5,41$ m, $\Delta = 525$ t, balast 93 t, jedrilje 1263 m²

mogu također nositi jarbolna i letna jedra među jarbolima (sl. 52) ili snast wishbone.

Položaj jarbola, a time i jedara, prema podvodnom dijelu trupa mora biti projektiran tako da jedrilica pri jedrenju srednjim vjetrovom ide ravno, bez aktiviranja kormila. Takva izbalansiranost jedara i trupa ovisi o mnogo faktora, npr. o promjeni forme jedrilice pri nagibu, o hvatištima propulzivnih sila jedara i sila otpora itd., i nemoguće je riješiti te odnose jednostavnim putem. Ipak vrlo dobre rezultate daje jednostavno pravilo: težište jedrilja u nacrtu jedrilice uzima se 12...16% L_{WL} ispred težišta lateralnog plana. U samom jedrenju, dizanjem prikladnih jedara jedrilica se lako uravnotežuje u svakom vjetru.

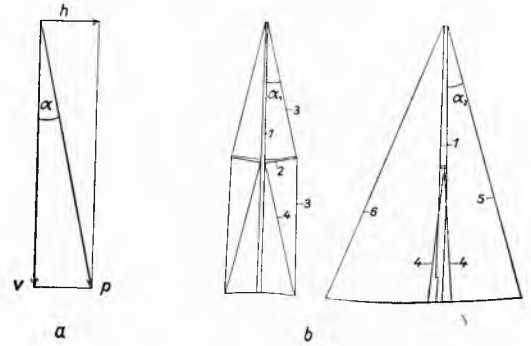
Jarboli se izrađuju od drva i lakih metala. Da budu lakši, izrađuju se šuplji (sl. 53). Manji i srednji jarboli imaju često utor za porubnik jedra, inače se jedro diže pomoću klizača koji klišu uz metalnu tračnicu pričvršćenu na stražnjoj strani jarbola.



Sl. 53. Presjeci jarbola. a, b, c, d lijepljeni drveni jarboli bez kanala za porubnik jedra, e, f, lijepljeni drveni jarboli s utorom za porubnik jedra, g jarbol od lake legure s utorom za porubnik jedra

Drveni jarboli izrađuju se od laganog i elastičnog drveta (smrekovine, jelovine) a lijepe se sintetičkim ljepilima (rezorcinskim, fenolnim, epoksidnim, karbamidnim). U novije se vrijeme jedrilice sve češće opremaju jarbolima od lakih legura (sl. 53 g); takvi su jarboli lakši i čvršći od drvenih.

Jarbol se upinje *priponom* (bočno), *letima* (prema naprijed) i *zaputkama* (prema krmu). Svakom učvršćenju na jarbolu mora se suprotstaviti drugo u suprotnom smjeru. Jarboli su na dana-



Sl. 54. Učvršćenje jarbola priponomama. a Trokut sila pripone: p sila u priponi, h horizontalna nosiva komponenta, v nekorišćena vertikalna komponenta; b najčešća snast: 1 jarbol, 2 križ, 3 gornja pripona, 4 donja pripona, 5 leto, 6 zaputka; a kut pripone i jarbola

šnjim jedrilicama visoki a trupovi uski, pa pripona više jarbol pritišće nego ga bočno vuče (sl. 54 a); uzima se da kut pripone i jarbola bude 15° ili veći, ali nikad manji od 12°. Kad je taj kut manji, poveća se podbočivanjem pripone križem; često dostaje i jedan križ, npr. kod snasti slupa (sl. 54 b). Najviše nose donje pripone (od sredine jarbola), leta i zaputke. Sve se pripone izrađuju od nerđajućih ili pocinčanih čeličnih čela, a učvršćuju se posebnim okovima na jarbolu i trupu jedrilice. Okovi su od nerđajućeg čelika, bronzne ili pocinčanog željeza.

Deblenjak napinje jedro na donjem rubu. Obično je drven, a jedro se na njega pričvršćuje kao na jarbolu; katkad ima i utor za olakšanje. Na jarbol je pričvršćen okovom koji ponekad ima uređaj za okretanje, tako da se jedro može skratiti namatanjem oko deblenjaka. Na krmenom kraju ima također okov, u koji se učvršćuje uzda. Deblenjak spinakera je obično okrugla šuplja oblica, duga kao baza prednjeg trokuta; jednim se krajem opire o jarbol u posebnom okovu, na drugi se kraj pričvršćuje kut baze spinakera.

Klase jedrilica stvarane su radi ujednačavanja jedrilica i njihovih svojstava u svrhe natjecanja. To izjednačavanje uslova takmičenja išlo je u dva smjera: a) stvoriti jednake jedrilice, b) naći »regatne vrijednosti« različiti jedrilica. U tu svrhu služe posebne formule i pravilnici za premjeravanje i razvrstavanje jahti.

Jedrilice se mogu podijeliti u tri grupe: čamci (dingi), jahte (sa balastnom koblicom) i višetrupci.

Čamci (dingi) su male jedrilice plosnatog trupa i s velikim stabilitetom forme. Stabilitetu forme pribraja se u jedrenju stabilitet posade koja se pomiče na privjetrinsku stranu čamca ili se naginje van jedrilice. Čamci su ponekad otvoreni, ali češće imaju pramac pokriven palubom i ugrađene zračne prostore (radi nepotonljivosti); ako ima palubu po cijelom čamcu i uzak otvor na sredini ili zračne prostore bočno, ne napuni se vodom kad se prevrne, pa se može uspraviti i jedriti dalje.

Plastične jedrilice s pjenastom tvrdom smolom među ljuskama često nemaju krmenog zrcala, jer čamac ima pod iznad razine vode, pa voda otječe s njega kroz otvorenu krmu.

Zanošenju se čamci opiru vertikalnom koblicom (kao obični čamci), bočnim perajama i pomičnom perajom. Koblica ima slabu efikasnost, nešto bolje djeluju bočne peraje (sl. 55 a), a i praktičnije su pri izvlačenju jedrilice na suho. Pomične peraje obično su duboke i uske i vrlo efikasne. Podižu se i spuštaju okre-



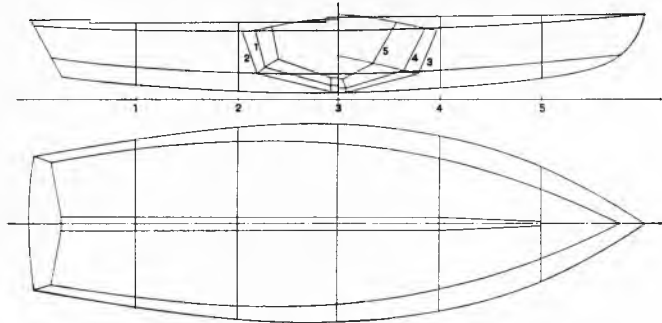
Sl. 55. Peraje. a Bočne peraje, b pomična peraja u sanduku

tanjem oko svornjaka ili, danas sve češće, jednostavnim spuštanjem u posebnom uskom sanduku izgrađenom na dnu jedrilice (sl. 55 b).

Jarboli na čamcima rijetko kada stoje sami, najčešće imaju po jednu priponu sa svake strane, uhvaćenu na razmi nešto prema krmi od jarbola, i jedno leto; pripone i leto uhvaćeni su na 3/4 visine jarbola. Ponekad su jarboli upeti i zaputkama. Jarboli su na čamcima često vrlo elastični i snažnim pritezanjem uzde znatno se savijaju a time se mijenja oblik jedra. Čamci su najčešće slupovi sa bermudskim dosta trbušastim jedrom.

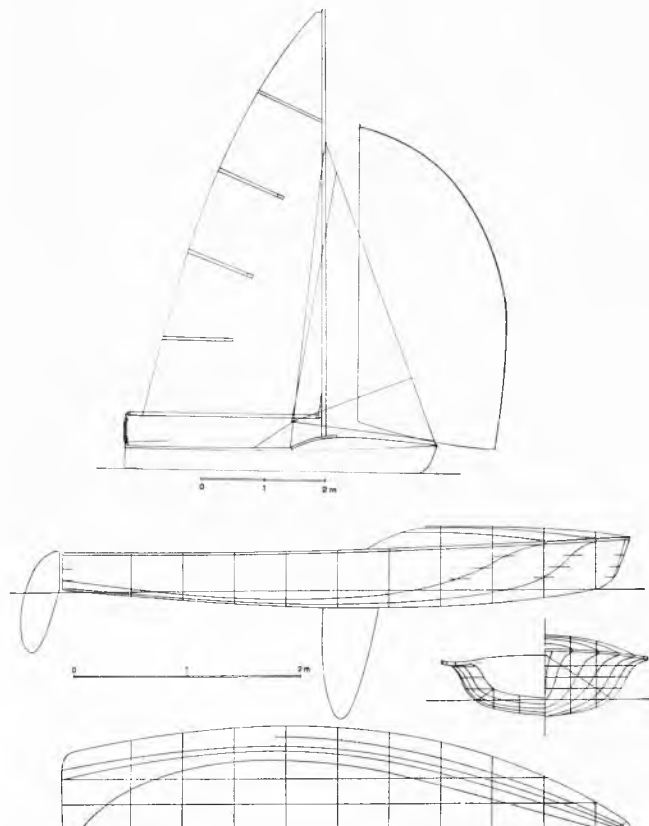
Postoje dvije vrste čamac jedrilica: deplasmanski i gliseri.

Deplasmanski čamci mogu biti oblika šarpi (sl. 56) i onda imaju blagi oblik V na dnu a znatniji na pramcu; okrugli deplasmanski čamci su redovno oblika U, a na pramcu V, bokovi se obično šire nad vodom. Grade se od drva, šperploča, furnira lijepljenih na kalupu i armiranih smola, a nastoji se da budu što lakši. Opremanju se prema namjeni; regatni čamci imaju samo najnužniju opremu, čamci za krstarenje grade se s kabinom sa unutrašnjim uređajem pogodnim za dulji boravak i putovanja.



Sl. 56. Deplasmanski čamac »Šljuka«; $L_{OA} = 4,72$ m, $B = 1,54$ m, $\Delta = 192$ kg, jedrilje $11,4$ m²

Gliserske jedrilice su vrlo lagani čamci građeni od lijepljenih furnira ili armirane smole, plosnatog i ravnog dna, pogodnog za glisiranje, tj. klizanje po površini koje nastaje uslijed djelovanja hidrodinamičke sile uzgona. Oblik trupa, međutim, treba da zadovolji također kad jedre kao deplasmanski čamci, a treba da imaju i maritimna svojstva. Gliserske jedrilice imaju na pramcu izraziti oblik V i oštre vodne linije, dno im je plosnato na sredini i na krmi i s malim skokom prema krmi, a bokovi su znatno izbačeni (sl. 57). Otpor vrlo laganih i glatkih jedrilica je relativno malen. Stabilitet jedrilice se poboljšava tako da se posada ispruži daleko izvan čamca, viseći vezana oko pasa za uže pričvršćeno visoko na jربولu (trapez), ili ležeći na kliznim klupama koje se izvuku na privjetrinskoj strani. Uslijed toga čamac jedri gotovo horizontalno, i kod dosta jakog vjetroa uslijed relativno velike brzine dolazi do znatne hidrodinamičke uzgonske sile i glisiranja.

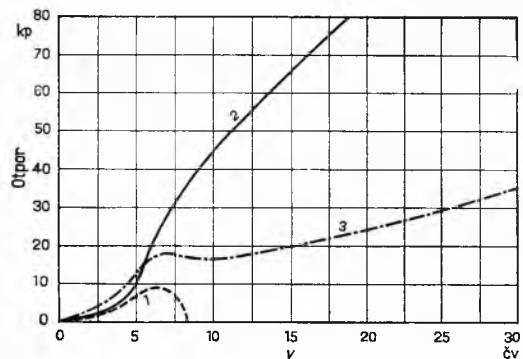


Sl. 57. Gliserska jedrilica »5-0-5«; $L_{OA} = 5,05$ m, $B_{max} = 1,9$ m, $B_{wl} = 1,22$ m, jedrilje $15,9$ m²

Ispitivanja su pokazala da je potrebno da čamac ima više od 37 m² površine jedrilja po toni istisnine da bi se stvorila sila propulzije jedra dovoljna za glisiranje.

Podvodna krila na čamcu (to se dosad malo ispitalo) mogu znatno povećati brzinu jedrenja. Pokusi su pokazali da relativno mala podvodna krila odmah iza jarbola s dodatnom malom horizontalnom stabilizirajućom površinom na kormilu lagano dignu čamac iz vode, time znatno smanjuju otpor i daju čamcu veliku brzinu, znatno veću nego kad glisira (sl. 58). Pri toj velikoj brzini veličina prividnog vjetroa jako poraste (uz nepovoljniji kut) pa čamac jedri brzinom većom od brzine vjetroa, — to je isti fenomen koji se pojavljuje kod jedrilica na ledu.

Jahte su jedrilice sa balastom olova ili ljevenog željeza na dnu duboke kobilice. Balast spušta težište cijele jedrilice ispod težišta njezine istisnine, tako da se jedrilica iz svakog položaja vraća u uspravni položaj. Što je balast niži to je veća poluga kojom djeluje, a s druge strane i za smanjenje zanosa je povoljniji veći odnos dubine i širine kobilice. Ipak, odviše velika dubina uzrokuje prevelika naprezanja u elementima a prevelik gaz smeta u lukama.



Sl. 58. Krivulje otpora Međunarodne klase Canoe s 10 m² jedrilja. 1 Krivulja otpora trupa s podvodnim krilima prije dizanja, 2 krivulja otpora samog trupa bez krila u jedrenju i glisiranju, 3 krivulja otpora čamca na krilima

Pravilnici za razvrstanje također ograničavaju gaz, pa se tih ograničenja drže svi graditelji (sl. 59). Jahte se katkad grade s dvije malo nagnute balastne kobilice, slične dvjema perajama (v. sl. 55 a), a neke jahte, čak i velike oceanske, imaju pomičnu peraju. Jahte su gotovo uvijek posve zatvorene palubom i kabinom; na krmenom dijelu palube, uz kormilo, nalazi se *kokpit* — udubljeno mjesto u kojem se stoji i koje ima pod iznad površine vode (sjedi se na palubi). Tako zatvorena jahta nepotopljiva je sve dok joj se ne razbije trup.

Raspodjela težina na suvremenim jahtama je ova: trup 30...43%, balast 30...45%, oprema trupa i palube 2...4%, snast

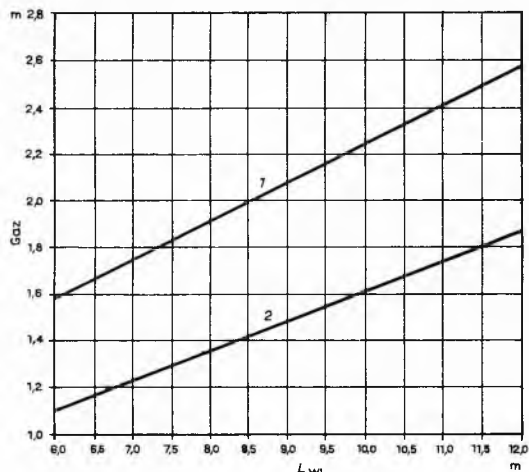
3...6%, kabine i namještaj 3...7%, pomoćni motor i instalacije 0...7%, oprema 2...4%, teret 6...8%.

Ranije su se za otvoreno more gradile teške jahte jer se smatralo da su takve najpogodnije; danas se međutim grade sve više lakše jahte, s manjim deplasmanom, koje su uvijek brže a pokazalo se da imaju isto tako dobra maritimna svojstva.

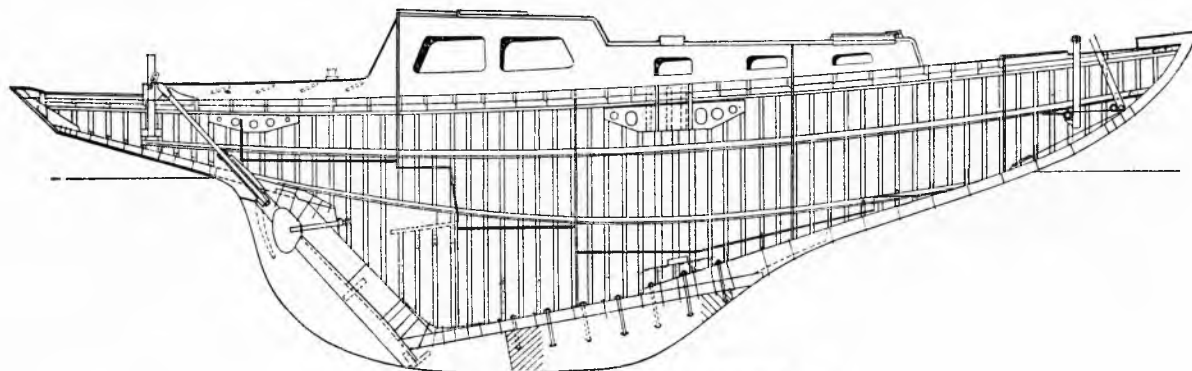
Ponašanje jahta na valovima proizlazi iz njihovog oblika. Prevjesi na krmi i pramcu su umjereni. Uzima se da raspodjela težina po dužini treba da je dosta koncentrirana na sredini jedrilice, što dovodi do mekanog prelaženja preko valova; preoštara pramac i masa na njemu uzrokuju zabijanje u valove, a prepune forme skakanje po njima; oboje dovodi do smanjenja brzine.

Otpor jahte pri maksimalnoj brzini iznosi grubo $1/25$ njene istisnine; uzima se da jahte ne postižu brzine veće od $V_{max} = 1,4 \sqrt{L_{WL}}$, gdje je V u čvorovima, L_{WL} u stopama. Smanjenje kobilice je ujedno smanjenje otpora trenja: kako, međutim, time postaje poluga kormila premala, često se kormilo odvaja od kobilice i pomiče na krmu (v. sl. 49).

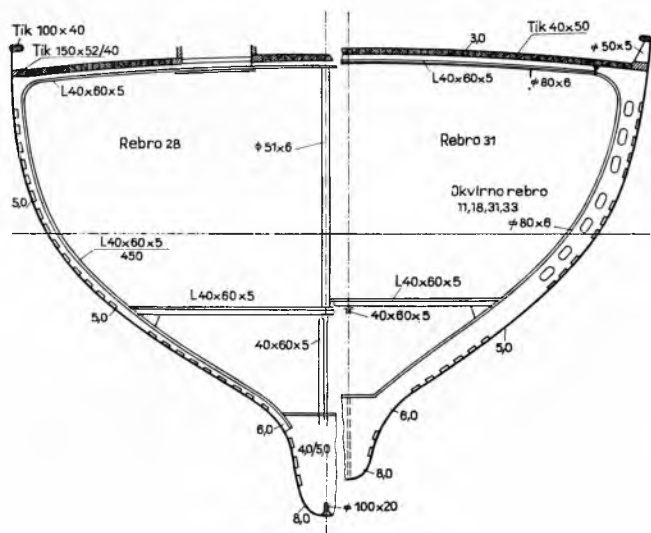
Konstrukcija jahte ovisi o materijalu od kojeg je građena. Drvena jahta gradi se na masivnoj kobilici, statva je također masivna ili se lamelira, a krmeni masiv je prilično težak (sl. 60). Rebra su kuhana, ponekad i piljena ili od metala. Oplata je obično dodirna, rijetko dijagonalna. Čelične (sl. 61) i aluminijske (sl. 62) jahte grade se s drvenom palubom, kabinom i unutrašnjim uređajem. Jahte od umjetnih smola armiranih staklenim vlaknima sve su brojnije zbog dobrih svojstava materijala: trup je lakši pa je i balast manji, prema tome je sveukupna težina manja, jahta postaje plića; kako je lakša i glada, ona ima manji otpor, zato može biti šira, a smanjuje joj se i jedrilje. Plastična jahta ima jednostavnu ljusku trupa izgrađenu u jednom komadu, paluba i kabina su jedan komad zajedno. Duž trupa iznutra ima nekoliko proveza, a u kobilicu joj se iznutra umetne balast (olovo, željezo).



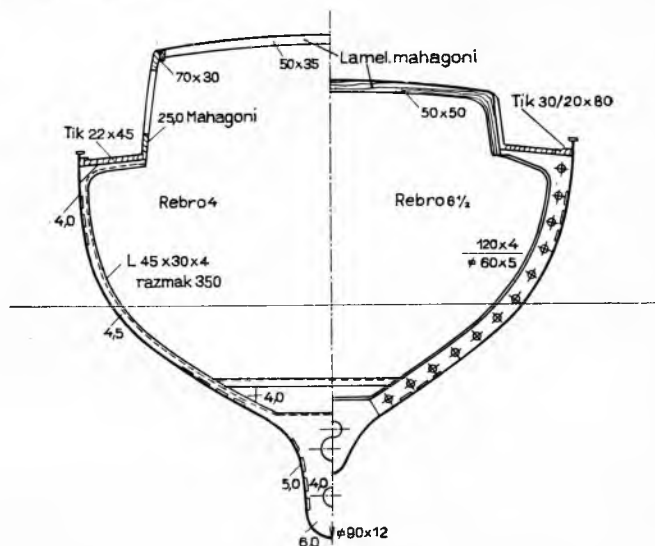
Sl. 59. Omjer dužine vodne linije L_{WL} i gaza jahta. 1 Veliki gaz, 2 mali gaz



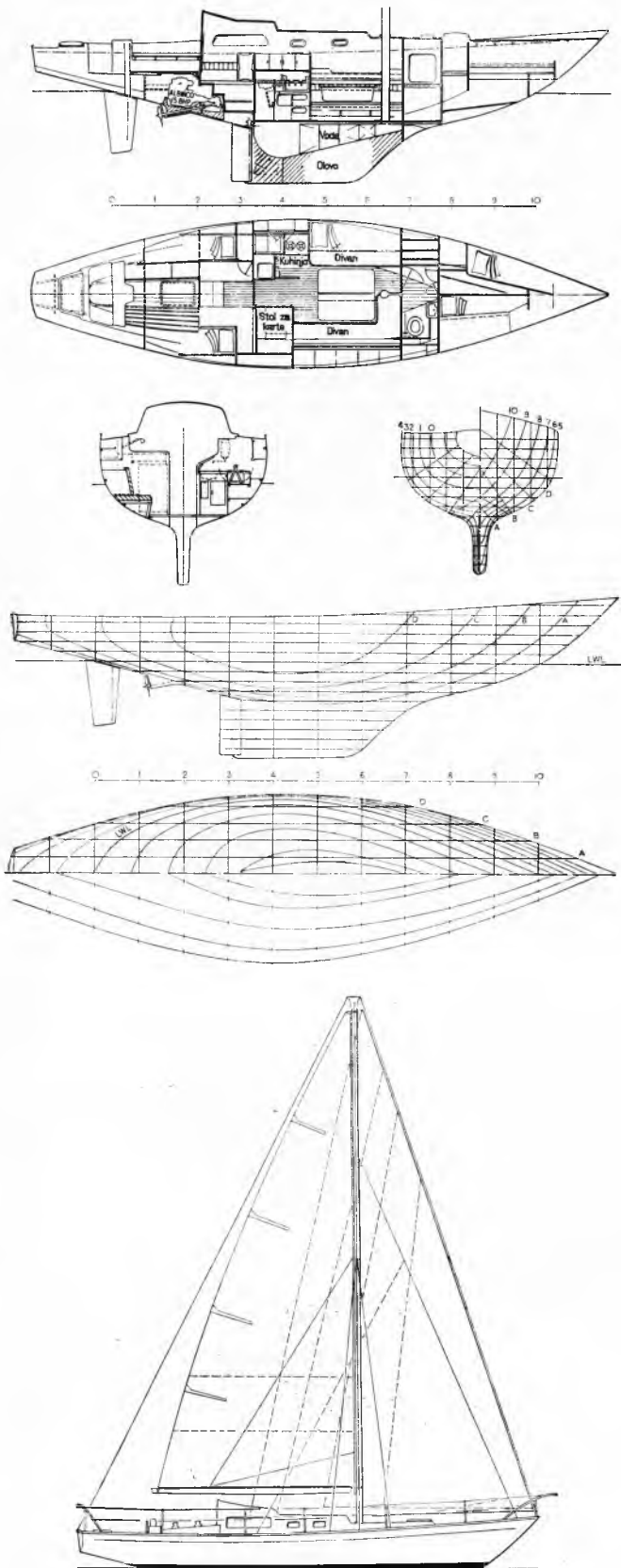
Sl. 60. Konstruktivni elementi drvene jahte ($L_{OA} = 10$ m)



Sl. 61. Glavno rebro čelične jahte; $L_{OA} = 22,25$ m, $B = 5,6$ m, $T = 2,8$ m $\Delta = 56$ t, balast 17,8 t, jedrilje 224 m², motor 150 KS

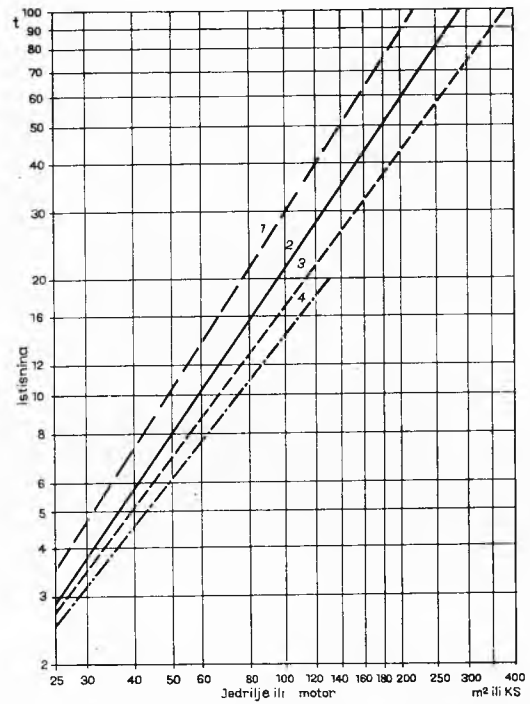


Sl. 62. Glavno rebro aluminijske jahte; $L_{OA} = 11,12$ m, $B = 3,2$ m, $T = 1,58$ m, $\Delta = 6,8$ t, balast 2,4 t, jedrilje 60 m², motor 30 KS



Sl. 63. Plastična jahta »Rebel« (E. G. van de Stadt); $L_{OA} = 12,5$ m, $B = 3,33$ m, $T = 2$ m, $\Delta = 10$ t, jedrilje $66,5$ m²

Oprema jahta prilagođena je njihovoj primjeni. Male su regatne jahte otvorene i nemaju nikakve opreme osim konopa i sidra, veće regatne jahte imaju kabinu i propisani unutrašnji uređaj; s tim se jahtama jedri pred lukom i nisu pogodne za boravak na njima; relativno su malobrojne. Jahte za krstarenje,

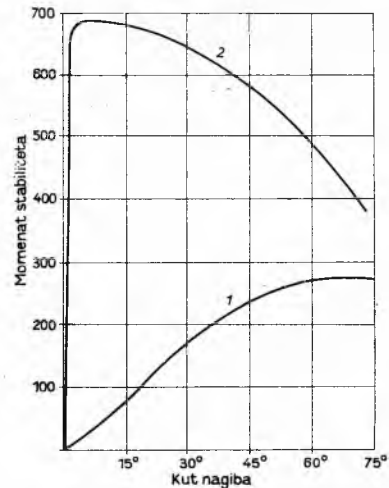


Sl. 64. Omjer istisnine i površine jedrilja odn. jačine motora motornih jedrilica. 1 Jačina motora, 2 površina jedrilja motornih jedrilica, 3 površina jedrilja oceanskih jahta, 4 površina jedrilja oceanskih jahta s pomičnom perajom

krstaši, također učestvuju u višednevnim regatama (navigacijske regate), pa se nekad grade specijalno za to. Krstaši imaju unutrašnji uređaj za dulji boravak (sl. 63), a redovito i pomoćni motor 5...80 KS. Motori su katkad benzinski, češće su brzohodni dizel-motori s vodenim hlađenjem i ispuhom plinova pod vodom.

Motorne jedrilice imaju manji gaz, veću širinu, jači motor i manje jedro od običnih jahta. Nekad se malo razlikuju od jahta pa su im onda i vrlo slične nadvodnim izgledom, ali ima motornih jedrilica sa posve malim jedrom koje im služi samo za prigušenje ljuľanja i posrtanja kod velikih valova; postoji mnogo mogućnosti gradnje takvih jahta između ta dva ekstrema i najčešće se grade jednako za jedro i motor (fifty-fifty). Takve su motorne jedrilice prikladnije za manevre zbog manjeg gaza i jačeg motora, brže zbog manje oplakane površine i udobnije zbog veće širine, ali lošije jedre iako imaju dosta velika jedra (sl. 64).

Višetrupci su jedrilice sa dva ili tri trupa (višetrupci se mogu goniti i motorima). Momenti stabiliteta dvotrupca (kata-



Sl. 65. Dijagram momenata stabiliteta jedrilica s jednakom površinom jedrilja. 1 Momenti stabiliteta jahte sa istisninom ~ 1200 kg, 2 momenti stabiliteta katamarana istisnine ~ 700 kg

marana, sl. 65) imaju suprotne karakteristike od momenata stabilneta jahta, njihove su maksimalne vrijednosti kod vrlo malih kutova. Uski trupovi višetrupaca grade se vrlo lagani pa se tako postiže velik odnos površine jedrilja prema istisnini i dužine prema težini i uz to velik stabilitet. Dugi, uski i oštri trupovi višetrupaca, $L/B=9\ldots 12$, pružaju mali otpor i uz velike propulzijske sile jedrilja postižu relativne brzine $V/\sqrt{L_{WL}}=5$ i više, odnosno brzine do 30 čv. Višetrupci su vrlo rijetko gliseri zbog loših maritimnih svojstava plosnatih trupova, oni su deplasmanski čamci s vrlo malim otporom. Mali gaz im je prednost, a zanošenju se opiru efikasnim dubokim pomičnim ili fiksnim perajama.

Uzdužni stabilitet je katkad kod nekih malih katamarana nedovoljan, pa se dešava da se takav katamaran kod vjetera u pol krme zabije pramcem zavjetrinskog trupa u vodu i tako prevrne; dobro projektirani dvotrupci imaju punija nadvodna rebra i dovoljan uzdužni stabilitet, trotrupci pogotovo.

Višetrupci se dobro ponašaju na valovima jer oni leže istovremeno na više valova, a zbog svoje lakoće ne uranjaju u vodu. Pramčani dio im se obično ne spaja platformom jer u nju odozdo udaraju nadolazeći valovi, već se među trupovima razapinju mreže.

Najveći problem višetrupaca je čvrstoća elemenata koji povezuju trupove. Kad trupovi višetrupaca na valovima dobiju suprotan trim, poprečni su nosači jako napregnuti na torziju. Poprečni se nosači izrađuju kao rešetkasti ili kutijasti nosači; na srednjim i većim višetrupcima oni se upotpunjuju isto takvim uzdužnim nosačima uz bočne trupove, tako da cijela platforma postaje sistem koji povezuje trupove i preuzima sva naprezanja uzrokovana morem i vjetrom.

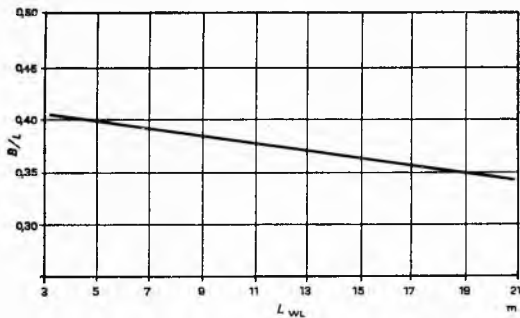
Višetrupci se grade lijepljeni od šperploča i drvenih letvi, zatim od armirane smole ili lakih metala. Uski su trupovi jednostavno građeni, a pri gradnji koriste se iskustva gradnje aviona i drugih laganih konstrukcija.

Površina jedrilja uzima se slično kao za jedrilicu iste dužine vodne linije. Snast im može biti vrlo jednostavan zbog velikih mogućnosti učvršćenja pripona.

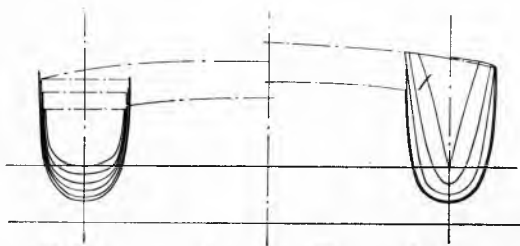
Maleni višetrupci, do $L_{OA} = 7$ m, grade se otvoreni za jedrenje uz plaže i za regate, veći imaju kabine s komforom za boravak i krstarenje.

Katamarani su dvotrupe jedrilice s jednakim simetričnim trupovima. U katamarane duge 8 m i više mogu se ugraditi kabine, širina katamarana (sl. 66) je dovoljna za udoban boravak na njemu. Mali katamarani se dosta grade za regate (sl. 67) i imaju na njima mnogo uspjeha, mnogo su brži od jahta i jedrilica glisera.

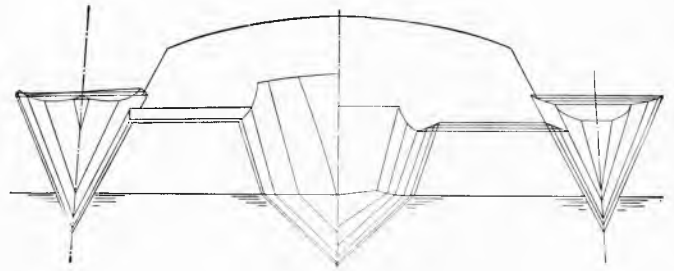
Trimarani su trotrupci čamci; počeli su se intenzivnije graditi posljednjih godina. Srednji trup im je dosta velik i služi za boravak, a bočni su trupovi vrlo uski i normalno malo uronjeni u vodu.



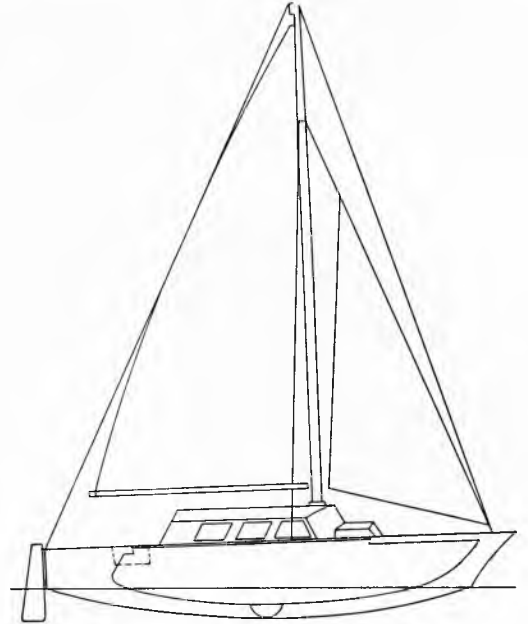
Sl. 66. Omjer (uobičajeni) širine i duljine katamarana



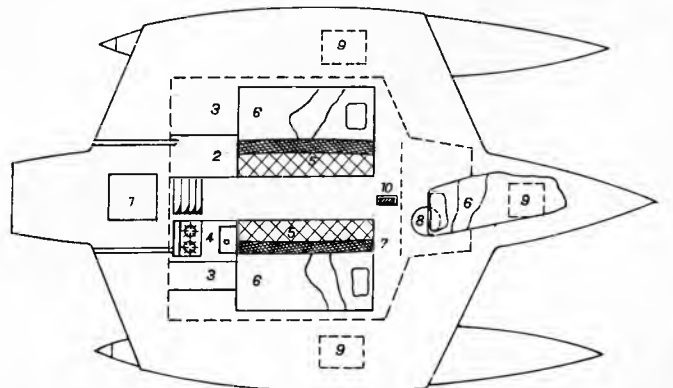
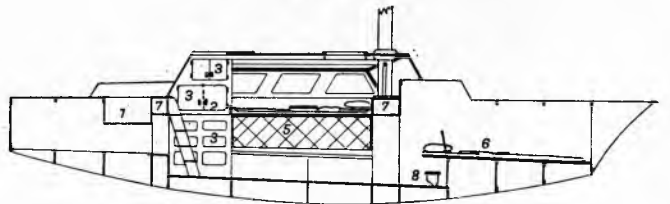
Sl. 67. Rebra regatnog katamarana »Tigercat«; $L_{OA} = 5,2$ m, $B_{OA} = 2,42$ m, $\Delta = 390$ kg, jedrilje 23 m²



Presjeci (rebra)



Jedrilje



Unutrašnji uređaj. 1 Kokpit, 2 navigacijski stol, 3 ormar, 4 kuhinja, 5 divan (naslonom se proširuje u ležaj), 6 ležaj, 7 poprečni nosač, 8 WC, 9 grotlo, 10 stopa jarbola

Sl. 68. Trimaran »Nimble« (A. Piver); $L_{OA} = 9,15$ m, $B_{OA} = 5,5$ m, $T = 0,6$ m, jedrilje 30 m²

Forme trimarana su oštre (sl. 68), on je vrlo brz (30 čv i više) i okretljiv, zbog zanosa ima obično pomične peraje. Udobniji je nego katamaran. Konstrukcija mu je relativno jednostavnija, jer su mu bočni trupovi manje napregnuti nego trupovi katamarana.

V. Karabaić

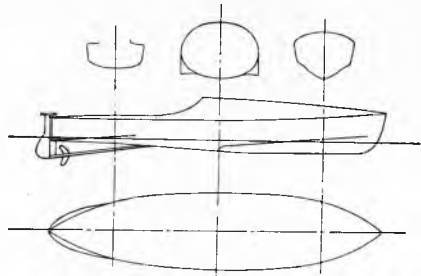
MOTORNI ČAMAC

Motorni čamac je plovni objekt manjih dimenzija koji s pomoću motornog pogona razvija relativno veliku brzinu plovidbe. Između malih brodova i motornih čamacu ne postoji strogo određena granica. Danas se općenito uzima da motorni čamci dosežu do ~ 40 m dužine, odnosno do ~150 t istisnine i da plove brzinom pri kojoj je Froudeov broj $Fr = V/\sqrt{gL} > 0,3$.

Prvi motorni čamci nastaju kad i motori s unutrašnjim izgaranjem, tj. na prijelazu iz XIX u XX st. U početku su motori s unutarnjim izgaranjem najšli na otpor mnogih, pa i istaknutih projekatana i graditelja čamacu, ali zahvaljujući manjoj težini i ekonomičnijoj potrošnji goriva, ubrzo su uspjeli da potisnu parni stroj i turbinu i da se afirmiraju kao najpogodnije pogonsko sredstvo za male a brze plovne objekte.

Motori s unutarnjim izgaranjem omogućili su i da se ostvari ideja o glisiraćim čamcima. Ta je ideja bila nastala dosta rano (već 1877 registriran je patent čamca sa stepenicom i ravnim glisiraćim dnom), ali se nije mogla realizirati jer nije postojao lagan i dovoljno snažan pogonski motor.

Motorni čamac «Miranda IV» sagrađen 1910, već je imao glisersku formu trupa (sl. 69), a 1912 Saunders je sagrađio gliser dug 12 m s motorom od



Sl. 69. Motorni čamac «Miranda IV» iz 1910

760 KS, koji je postigao rekordnu brzinu od 50 čv. Afirmaciji motora s unutrašnjim izgaranjem naročito su doprinijela takmičenja čamacu i borbe za rekord brzine na vodi što su se održavali od početka XX st.

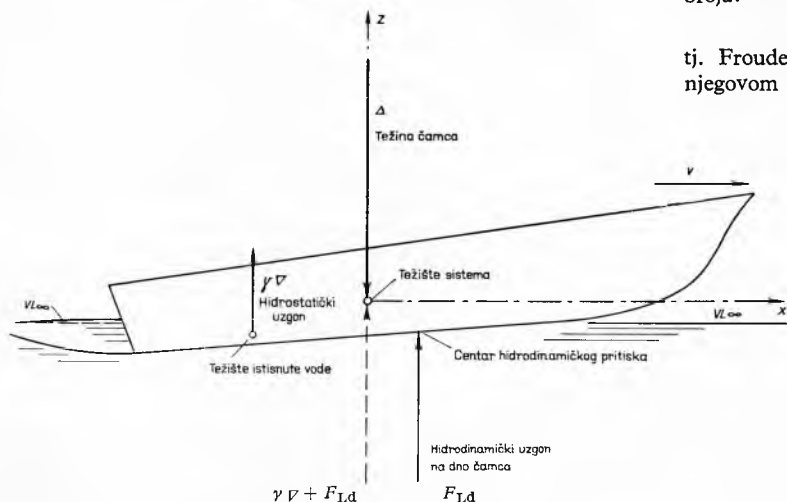
Prvi svjetski rat prekinuo je takmičenja za svjetski rekord brzine na vodi, ali je skrenuo pažnju ratnih mornarica na ulogu motornih čamacu u ratnim operacijama. Uspjeh torpednih napada britanskim čamcima C. M. B. (Coastal Motor Boat) i talijanskim M. A. S. (maotscfo antisommergibile) potakli su ratne mornarice da posvete veliku pažnju usavršavanju motornih čamacu.

Takmičenja za svjetski rekord brzine na vodi nastavljaju se između dva rata i nakon drugog svjetskog rata. Zahvaljujući stalnom poboljšavanju gliserskog oblika trupa motornog čamca i usavršavanju i povećanju snage pogonskih motora, rekordne brzine na vodi su se neprekidno povećavale. Pregled svjetskih rekorda brzine postignutih sa čamcima gliserima nakon 1928 prikazan je u tablici 5.

Prema namjeni motorni čamci se dijele na putničke, turističke, sportske, peljarske, stražarske, spasilačke, bolničke, hidrografske, torpedne, patrolne, raketne, izviđačke itd. Medutim, s tehničkog stanovišta je značajnija podjela motornih čamacu prema režimu plovidbe, i to na *deplasmanske*, *djelomično glisiraće* ili *semi-glisere* i *glisere*, jer postoje bitne razlike u obliku trupa i hidrodinamičkim svojstvima čamacu tih triju grupa.

Režim plovidbe motornog čamca. Težina čamacu koji miruje na površini vode uravnotežena je silom hidrostatičkog uzgona. Kad čamac plovi nekom većom brzinom, pojavljuje se i sila hidrodinamičkog uzgona (sl. 70), pa je jednadžba plovnosti:

$$\Delta = \gamma \nabla + F_{Ld}$$



Sl. 70. Sile koje djeluju na čamac kod većih brzina

Tablica 5
REKORDNE BRZINE NA VODI NAKON 1928

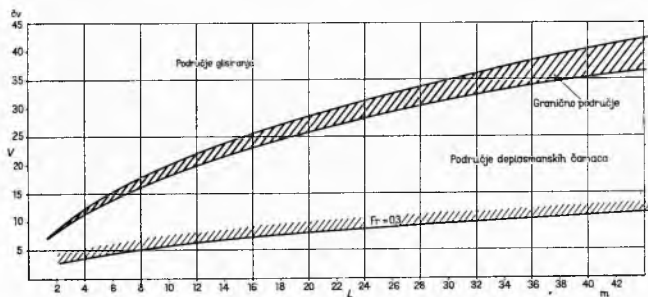
Godina	Ime čamca	Brzina km/h	Godina	Ime čamca	Brzina km/h
1928	Miss America VII	149,41	1950	Slo-Mo-Shun	258,12
1930	Miss England II	158,91	1952	Slo-Mo-Shun	287,38
1931	Miss England II	166,60	1955	Bluebird	325,75
1931	Miss England II	177,49	1955	Bluebird	348,16
1932	Miss America X	179,76	1956	Bluebird	363,26
1932	Miss England II	192,80	1957	Bluebird	384,64
1932	Miss America X	201,02	1958	Bluebird	400,28
1937	Bluebird I	208,50	1959	Bluebird	418,98
1938	Bluebird I	210,81	1964	Bluebird	444,62
1939	Bluebird II	228,20	1967	(L. Taylor)	454,06

gdje je Δ težina čamacu, γ specifična težina vode, ∇ volumen istisnute vode ($\gamma \nabla$ Arhimedova sila ili hidrostatički uzgon), F_{Ld} sila hidrodinamičkog uzgona.

Pri manjim brzinama hidrodinamički uzgon je neznatan, tako da je $\Delta \approx \gamma \nabla$, a gaz i trim čamacu malo se mijenjaju u odnosu na stanje mirovanja. Taj režim plovidbe naziva se *plivanjem* i odgovara deplasmanskim čamcima.

Pri nekoj većoj brzini počinje djelovati hidrodinamički uzgon, što ima za posljedicu osjetljivu promjenu gaza čamacu i naročito izraženu zategu. U tim uvjetima čamac *djelomično glisira*.

Daljnijim povećanjem brzine čamac prelazi u *glisiranje*, tj. kliže po površini vode, pri čemu se gaz i zatega čamacu znatno smanjuju. Kad čamac glisira, hidrostatička sila uzgona postaje vrlo mala tako da je praktički $\Delta = F_{Ld}$, tj. težina čamacu je uravnotežena hidrodinamičkim uzgonom.



Sl. 71. Područja plovidbe motornih čamacu

Režim plovidbe čamacu ovisi o tri osnovna faktora: o obliku trupa, o brzini i o težini čamacu. Pri projektiranju oblikuje se trup čamacu tako da odgovara hidrodinamičkim zahtjevima određenog režima plovidbe, a da li će u stvarnosti čamac ploviti tim režimom ovisi prvenstveno o njegovoj brzini i težini. Stoga su u sl. 71 granice pojedinih režima plovidbe prikazane kao funkcije brzine i istisnine čamacu, i to pomoću modificiranog Froudeovog broja:

$$Fr_{\nabla} = V/\sqrt{g \nabla^{1/3}}$$

tj. Froudeovog broja u kojem je dužina čamacu L zamijenjena njegovom istisninom ∇ u stanju mirovanja. Budući da je: $Fr =$

$$= V/\sqrt{gL} = Fr_{\nabla} \sqrt{\nabla^{1/3}/L}$$

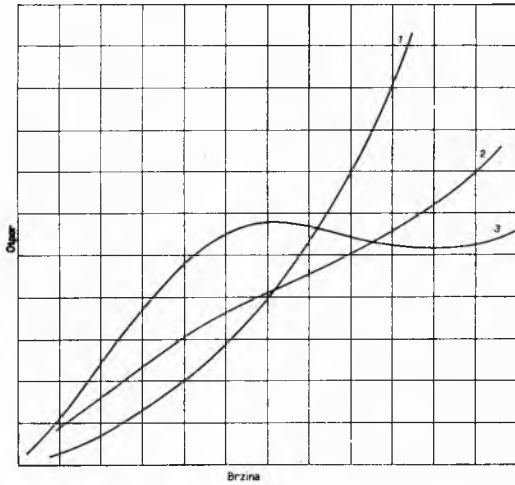
$$\text{plivanje: } Fr_{\nabla} \leq 1 \text{ ili } Fr \leq \sqrt{\nabla^{1/3}/L}$$

$$\text{djelomično glisiranje: } 1 \leq Fr_{\nabla} \leq 3 \text{ ili } \sqrt{\nabla^{1/3}/L} \leq$$

$$Fr \leq 3 \sqrt{\nabla^{1/3}/L}, \text{ glisiranje: } Fr_{\nabla} > 3 \text{ ili } Fr > 3 \sqrt{\nabla^{1/3}/L}$$

O režimu plovidbe ovisi i otpor čamacu, a time i brzina koju čamac uz određenu pogonsku snagu može postići (sl. 72).

Projektiranje motornih čamacu. Motorni se čamci projektiraju sličnim postupkom i na istom principu kao i veliki brodovi (v. *Brod*, Projekti-



Sl. 72. Krivulje otpora različitih tipova čamaca. 1 Deplasmanski čamac, 2 gliser, 3 gliser sa stepenicom

ranje, TE 2, str. 364), samo što projektant motornog čamca redovito ima znatno manje podataka kao podlogu novom projektu nego projektant velikog broda. Osim toga, zbog malih dimenzija motornog čamca i velikih relativnih brzina, mnogo je teže nego na velikom brodu uskladiti zahtjeve funkcionalnosti, sigurnosti, maritimnosti i ekonomičnosti gradnje i pogona čamca.

Na osnovu projektne zadatka i podataka o sličnim čamcima, u prvom približenju se preliminarno odrede glavne dimenzije i grubo procijeni težina čamca. Prema toj preliminarnoj procjeni i ranije iznesenom kriteriju ovisnosti režima plovidbe o Fr_F ili Fr , odnosno pomoću sl. 71, odredi se tip čamca, tj. da li će čamac biti deplasmanski čamac, semi-gliser ili gliser. Naročito je važno da se što tačnije procijeni ukupna težina (istisnina) i raspored pojedinih težina budućeg gotovog čamca, jer se greška u procjeni težine i rasporeda težina neposredno odražava na hidrodinamička svojstva čamca. Pri projektiranju glisera dobro je koristiti se iskustvenim pravilom koje daje maksimalnu težinu do koje se mogu očekivati dobra svojstva glisiranja: $\Delta / (0,01 L)^3 \leq 200$ gdje je Δ težina čamca u engl. tonama od 1016 kg, L dužina čamca u stopama.

U ovoj fazi projektiranja obično se nekom od približnih metoda (sl. 73) procijeni udio pojedinih grupa težina u ukupnoj težini.

Prema procijenjenoj težini, odnosno isinini čamca odredi se u prvom približenju potrebna snaga motora (ili brzina, ako je snaga zadana). U tu svrhu služi niz jednostavnih približnih metoda različitih autora. Npr., metodom K. C. Barnabya kočena snaga motora P_B (u HP) ili brzina V_S (u čv) određuju se iz formula:

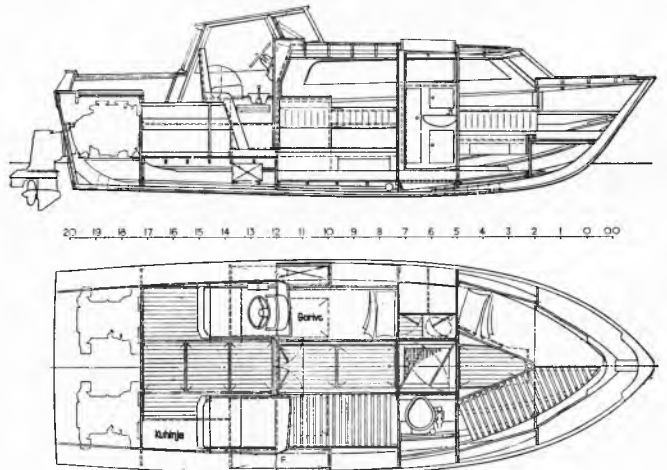
$$P_B = \Delta \frac{V_S^3}{K_1^3} \quad \text{ili} \quad V_S = K_1 \sqrt[3]{\frac{P_B}{\Delta}}$$

gdje je K_1 koeficijent čije su vrijednosti date u tablici 6.

Tablica 6
VRIJEDNOSTI KOEFICIJENTA K_1 U FORMULI BARNABYA

Dužina na vodnoj liniji, L_{WL} , stope	Zaobljen oblik trupa, krmeno zrcalo i vrlo ravno dno $V_S/\sqrt{L} = 2,5 \dots 3,5$	V-oblik trupa bez stepenica $V_S/\sqrt{L} = 2,75 \dots 4,5$	V-oblik trupa, sa stepenicama $V_S/\sqrt{L} = 3,5 \dots 6,5$
20	2,25	2,75	3,60
25	2,40	2,90	3,80
30	2,60	3,10	3,96
35	2,80	3,40	4,15
40	3,05	3,65	4,30
45	3,24	3,85	4,48
50	3,34	4,00	4,60

Redovito se potrebna snaga motora izračuna prema nekoliko različitih metoda, pa se na osnovu dobivenih rezultata, vlastitog iskustva i raspoloživog asortimana motora usvoji neka vrijednost koja uključuje i potrebnu rezervu snage.

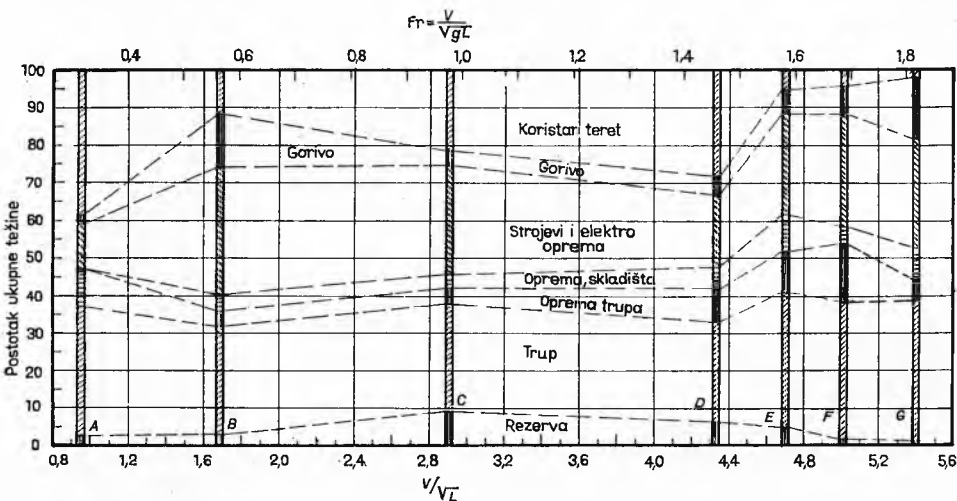


Sl. 74. Generalni plan motornog čamca «Gloriana III» (C. Mudie); $L_{OA} = 7,7$ m, $B = 2,52$ m, 2×120 KS, $V \approx 40$ čv

Prema preliminarno određenim snagama i karakteristikama motora odrede se težine u drugom približenju (pojedine grupe težina mogu se u ovoj fazi gotovo definitivno utvrditi) i izradi se preliminarni nacrt linija trupa, tj. odrede se hidrostatičke i hidrodinamičke karakteristike oblika trupa. Pomoću tih linija provjeri se otpor čamca, što omogućava da se tačnije odredi potrebna snaga motora, odnosno postiziva brzina. Na osnovu linija trupa definiraju se također pojedini detalji konstrukcije i opreme trupa, pa se napravi i približna centracija glavnih težina, tako da gaz i trim čamca odgovaraju hidrostatičkim i hidrodinamičkim zahtjevima.

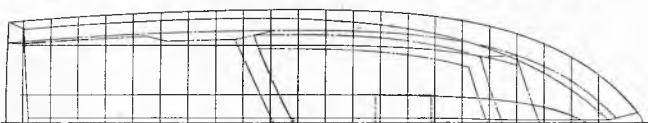
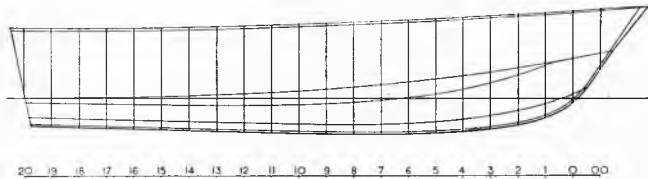
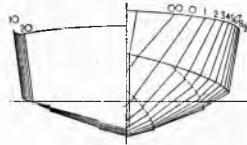
Kad se linije trupa usklade sa svim zahtjevima i kad se napravi definitivni raspored prostoriya i opreme, mogu se već pouzdanije proračunati težine pojedinih grupa i specificirati težina svakog dijela unutar jedne grupe.

Završna faza projektiranja sastoji se u izradi generalnog plana

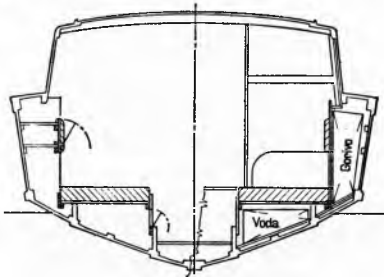


Sl. 73. Procenatni odnos glavnih težina čamaca u ovisnosti o relativnoj brzini. A, B, C, D, E, F, G izgrađeni čamci

čamca (sl. 74), definitivnog nacрта linija (sl. 75), konstruktivnog nacрта trupa, nacрта glavnog rebra i eventualno drugih presjeka sa detaljima potrebnim da se tačno definiira konstrukcija trupa (sl. 76), zatim tehničkog opisa sa svim potrebnim specifikacijama uređaja i opreme.



Sl. 75. Nacrt linija motornog čamca «Gloriana III»



Sl. 76. Presjek kroz trup motornog čamca «Gloriana III»

Deplasmanski čamci

Deplasmanski čamci plove brzinama pri kojim je težina čamca gotovo potpuno uravnotežena rezultirajućom silom hidrostatičkog pritiska na uronjeni dio trupa. Hidrodinamičke sile su neznatne, pa volumen podvodnog dijela čamca ostaje praktički nepromijenjen pri svim brzinama. Zbog toga ukupni otpor čamca naglo raste s povećanjem brzine (v. sl. 72), i to uslijed sve većeg otpora valova.

Ukupni otpor čamca može se izraziti formulom $R_T = k V^n$ a snage otpora čamca formulom

$$P_E = k V^{n+1},$$

gdje je k neka konstantna veličina, n eksponent brzine. Za deplasmanske čamce je pri većim brzinama $n = 4,5$, što znači da nije povoljno povećavati brzinu povećavanjem snage motora, jer s porastom brzine otpor vrlo brzo raste. Deplasmanska forma trupa odgovara određenom području brzina plovidbe (v. sl. 71) i za postavljene zahtjeve u pogledu brzine i funkcije čamca postoje određene optimalne forme trupa.

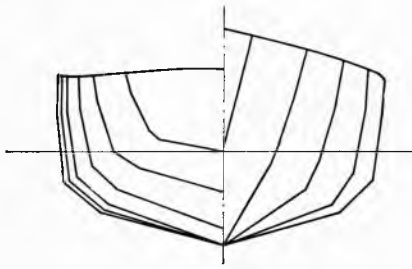
Oblik trupa deplasmanskih čamaca. S obzirom na otpor, najpovoljnije je da deplasmanski čamac ima zaobljen oblik trupa, ali radi jednostavnije i jeftinije gradnje ponekad se i deplasmanski čamac gradi s trupom V-oblika, slično kao gliser, samo tada treba računati sa znatnim povećanjem otpora. Ako se želi kompromisno rješenje između cijene gradnje čamca i njegovih svojstava u pogledu otpora, aproksimira se zaobljena forma trupa sa više ravnih razvojnih ploha, tj. umjesto zaobljenih uzmu se mnogokutna rebra (sl. 77).

Semi-gliseri nalaze se svojim oblikom trupa između čamaca deplasmanskog i glisirajućeg tipa. Pri projektiranju semi-glisera redovito se polazi od deplasmanskih formi, modificirajući ih prema nekim saznanjima i podacima o gliserskim formama. Sve karakteristike forme trupa semi-glisera definiraju se na isti način kao i za deplasmanske čamce: tako npr. glavne dimenzije se određuju za stanje mirovanja, a promjena gaza, trima i dužine na vodnoj liniji u vožnji ne uzimaju se u obzir.

Otpor deplasmanskog čamca najviše ovisi o brzini, dužini i istisnini čamca. Pri određenoj brzini, najveći utjecaj na otpor ima omjer dužine i istisnine čamca, koji se obično izražava bezdi-

Tablica 7
PARAMETRI OBLIKA TRUPA MOTORNH ČAMACA

Tip čamca	L_m	Δ_t	V_{s1}/\sqrt{L}	L/B	B/T	δ
Motorna šljupka	2,85...6,20	0,20...0,90	1,4...2,9	2,54...3,55	6,70...5,0	0,352...0,409
Putnički kuter bez kabine	4,96...7,80	0,70...1,96	1,5...2,9	3,52...5,06	6,1...3,9	0,333...0,526
Putnički kuter s kabinom na pramcu	6,50...10,5	1,30...7,25	1,4...2,0	3,52...4,85	6,7...3,7	0,306...0,482
Službeni kuter s kabinom	9,9...25,5	4,30...68,0	1,0...2,1	4,15...6,00	5,65...2,57	0,270...0,485
Lučka barkasa	9,0...16,8	4,23...25,0	1,3...2,4	3,68...5,56	4,75...2,80	0,333...0,451
Motorna jahta	10,9...15,2	4,40...11,3	1,7...4,2	4,04...5,95	5,0...3,7	0,316...0,455
Motorna jahta	15,6...19,1	10,75...26,8	1,4...2,4	4,74...5,60	5,0...3,45	0,302...0,469
Motorna jahta	21,5...30,4	23,4...61,58	1,4...3,1	4,85...6,24	5,0...3,0	0,280...0,414
Kuteri i barkase za ratne brodove	3,1...14,9	5,18...11,60	1,3...2,7	3,66...5,67	4,55...3,45	0,329...0,517
Stražarski čamac	14,9...21,3	10,20...27,14	1,7...2,2	5,73...6,32	3,70...3,45	0,316...0,382
Čamac za spasavanje avijatičara	20,0...23,2	23,3...39,0	1,9...3,9	5,28...6,05	4,40...2,67	0,268...0,397
Stražarski čamac lovac podmornica	24,1...38,6	38,75...160,9	1,4...2,7	5,88...7,10	4,35...3,35	0,356...0,449
Brzi čamci za ratnu mornaricu	20,8...27,7	23,9...93,0	3,0...3,7	5,86...6,95	4,55...1,80	0,328...0,449



Sl. 77. Čamac s mnogokutnim rebrima

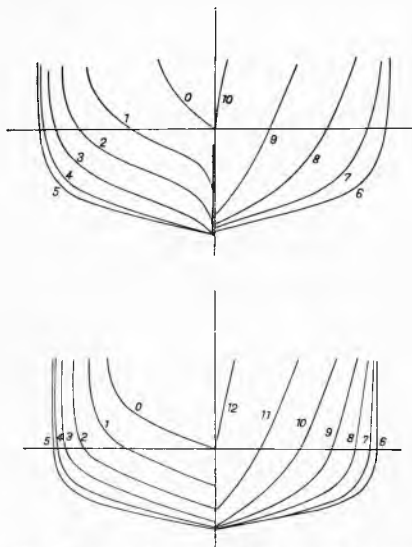
menzijskim izrazom: $L/\sqrt[3]{\delta}$ ili $\sqrt[3]{(0,1 L)^3}$. Iz sl. 84 vidi se da se povećanjem omjera dužine i istisnine $L/\sqrt[3]{\delta}$ smanjuje specifični otpor po jedinici istisnine R/Δ . Ostale karakteristike oblika trupa, kao npr. oblik rebara (posebice krmenog zrcala), omjer dužine i širine L/B , omjer širine i gaza B/T , koeficijent istisnine δ , prizmatički koeficijent φ , koeficijent konstruktivne vodne linije α , koeficijent glavnog rebra β , položaj težišta istisnine itd., manje utječu na ukupni otpor čamca, ali pri projektiranju i o tim veličinama treba voditi računa. U tablici 7 prikazane su granične vrijednosti najvažnijih parametara oblika trupa različitih tipova motornih čamaca.

Oblik rebara sporijih čamaca ($V_s/\sqrt{L} < 1$) vrlo je sličan obliku rebara brzih trgovačkih brodova (sl. 78). Vodne linije na krmenom dijelu čamca moraju biti zaoštrene, jer ravna krma sa uronjenim krmenim zrcalom izaziva vrtloge i znatno povećava otpor (sl. 79 b).

Bržim čamcima bolje odgovara krma sa zrcalom nego zaoštrena strujna krma. Iznad neke kritične brzine, na bridu između zrcala i dna čamca odvajaju se strujnice, pa iza krmenog zrcala nastaje šupljina koja virtualno povećava dužinu čamca i time znatno smanjuje otpor (sl. 79 a).

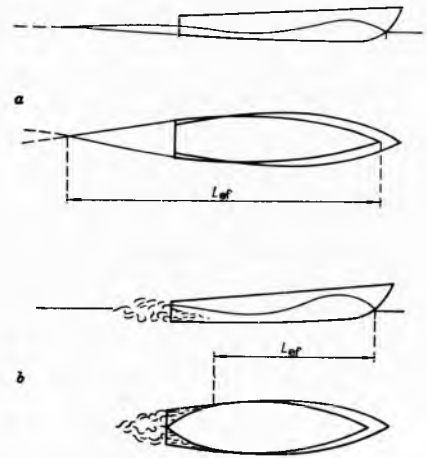
Na brzim deplasmanskim čamcima, a naročito na semi-gliserima, važno je da i dno ispred krmenog zrcala bude što ravnije, sa vrlo malim uzdužnim nagibom prema vodnoj liniji, tako da je čitav krmeni dio trupa širok i ravan. Takva krma je povoljna za rad vijka jer sprečava usisavanje zraka, smanjuje vrtloženja, voda jednoličnije pritječe vijcima, što sve zajedno poboljšava stepen djelovanja propulzije.

Što je brzina čamca veća to dalje prema krmu treba da bude maksimalna širina na konstruktivnoj vodnoj liniji, jer se inače ne može dobiti dovoljno malen pramčani kut konstruktivne vodne linije. U području relativnih brzina $V_s/\sqrt{L} = 1,1 \dots 1,8$ optimalna je vrijednost pramčanog kuta konstruktivne vodne linije $\sim 10^\circ$, ali to je često nemoguće postići, pa je pramčani kut $12 \dots 20^\circ$. Od konstruktivne vodne linije prema donjim vodnim linijama maksimalna širina pojedinih vodnih linija može se pomicati



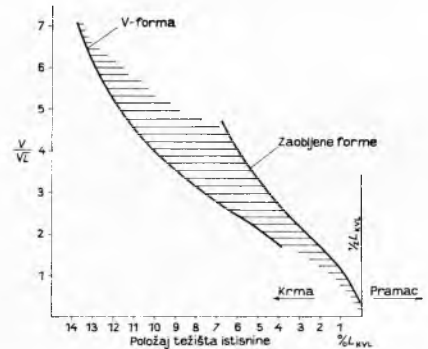
Sl. 78. Forme rebara sporih deplasmanskih čamaca

prema pramcu. Povoljno je da sve vodne linije nemaju maksimalnu širinu na istom poprečnom presjeku (rebru). Na pramcu sve vodne linije treba da su što ravnije.

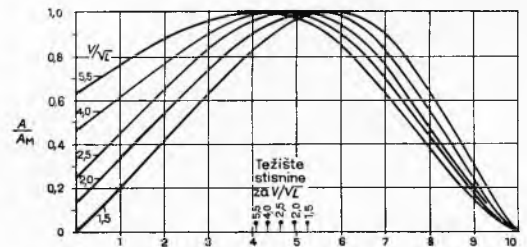


Sl. 79. Utjecaj krmenog zrcala na otpor. a Brzi čamac, b spori čamac

Oblikom krme i vodnih linija određen je i položaj težišta istisnine, pa što je relativna brzina čamca veća to je i težište istisnine smješteno više prema krmu (sl. 80). Uzdužni raspored istisnine definiran arealom, tj. krivuljom površina poprečnih presjeka trupa, znatno utječe na otpor čamca. Na sl. 81 prikazani su optimalni oblici areala za čamce s V-oblikom trupa, ali te areale mogu poslužiti kao orijentacija i pri projektiranju brzih deplasmanskih čamaca, a naročito semi-glisera.



Sl. 80. Položaj težišta istisnine u ovisnosti o relativnoj brzini



Sl. 81. Areali rebara dobrih čamaca forme V

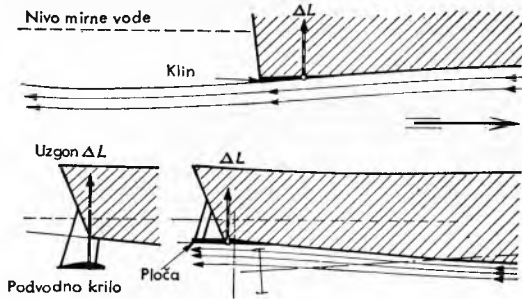
Kao kriterij za uzdužni raspored istisnine može poslužiti i prizmatički koeficijent φ , čije su optimalne vrijednosti u ovisnosti o relativnoj brzini prikazane u tablici 8.

Tablica 8

V_s/\sqrt{L}	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
φ	0,52	0,54	0,58	0,62	0,64	0,65	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70

Pri projektiranju obično se uzimaju nešto niže vrijednosti prizmatičkog koeficijenta φ , naročito ako se radi o brzim čamcima. Naime, u službi čamci često veći dio vremena plove brzinom manjom od maksimalne, pa bi visoka vrijednost prizmatičkog koeficijenta φ izazvala znatno povećanje otpora, dok pri velikim brzinama odstupanje od optimalne vrijednosti φ nema većeg utjecaja na otpor.

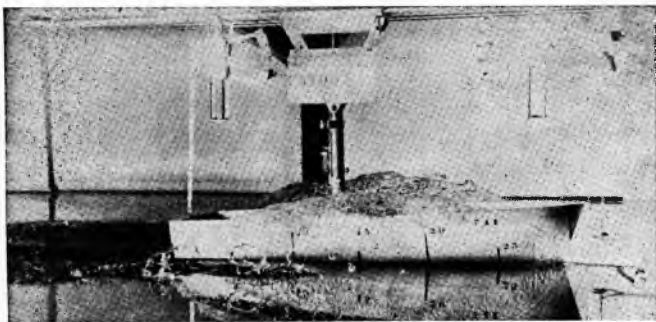
Brzi deplasmanski čamci i semi-gliseri imaju u vožnji određeni trim koji se mijenja s brzinom. Ispravnim trimom smatra se zatega od $1 \dots 1,5^\circ$. Prevelika zatega ili pretega posljedica je loših hidrodinamičkih svojstava podvodnog dijela trupa. Pretegu čamca



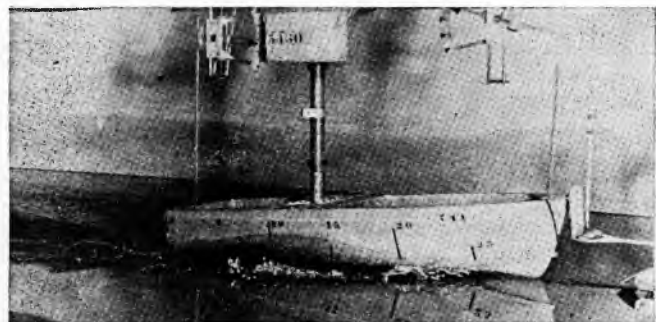
Sl. 82. Krmni klinovi i ploče za korekciju trima

treba izbjeći pod svaku cijenu, jer ne samo da pretega povećava otpor nego duboko uranjanje pramca u vodu može postati i opasno za sigurnost čamca. U praksi je češći slučaj da čamac ima preveliku zategu i uslijed toga znatno veći otpor. Na već izgrađenom čamcu prevelika se zatega može ukloniti ako se na krmi ugrade posebni klinovi, ploče ili podvodna krila (sl. 82). Takvi dodaci proizvode na krmi dodatni hidrodinamički uzgon koji izdiže krmu, pa čamac ima povoljniji trim.

Čamci koji treba da plove različitim brzinama često imaju sredstva za kontrolu trima. To su redovito ploče na krmi ili podvodna krila kojima se može mijenjati napadni kut i tako regulirati hidrodinamički uzgon, a time se regulira i trim čamca. Slično jednostavno sredstvo, koje može znatno poboljšati svojstva čamca, jesu štitnici protiv prskanja valova. To su drveni ili metalni profili učvršćeni duž oba boka čamca na određenoj visini iznad plovne



Čamac bez štitnika ($P_E = 273$ HP)



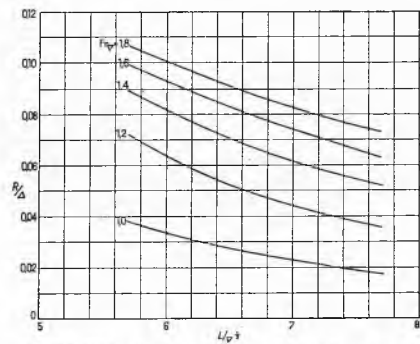
Čamac sa štitnikom ($P_E = 206$ HP)

Sl. 83. Djelovanje štitnika; tegljenje modela čamca $L_{OA} = 18$ m, $\Delta = 9$ t brzinom koja odgovara brzini čamca od 22 čv

vodne linije, tako da strše 50...80 mm van oplate. Štitnici smanjuju brk pramčanog vala i prskanje vode, a mogu poboljšavati i trim čamca. Prema tome, uslijed djelovanja štitnika, paluba je manje mokra, a u određenim uvjetima može se smanjiti i otpor čamca (sl. 83).

Otpor deplasmanskog čamca. Postoji niz jednostavnih matematičkih i grafičkih metoda pomoću kojih se može približno odrediti otpor ili potrebna snaga pogonskog motora čamca. Sve se te metode zasnivaju na statističkoj analizi većeg broja nesistematski dobivenih potaka o otporu čamaca vrlo različitog oblika trupa. Pomoću njih se dobivaju prosječne vrijednosti otpora u ovisnosti o nekim najosnovnijim parametrima čamca, najčešće samo istisnine i dužine u obliku nekog koeficijenta ili omjera, npr. $L/\sqrt{\Delta}$. Jedan od takvih dijagrama koji daje specifični otpor čamca po toni istisnine R/Δ u ovisnosti o $L/\sqrt{\Delta}$ i Froudeovom broju Fr_V prikazan je na sl. 84. Budući da uz isti omjer dužine i istisnine oblik trupa čamca može biti vrlo različit, ni tačnost ovakvih metoda nije velika, pa dobiveni rezultat često odstupa za 10% i više od stvarne vrijednosti otpora.

Pouzdaniji rezultati dobivaju se pomoću metoda razrađenih na osnovu sistematskih ispitivanja otpora serije modela. Takva serija se sastoji od više modela kojima je oblik trupa izveden iz jednog osnovnog oblika time što su mu prema nekoj zakonitosti mijenjani pojedini parametri. Do sada je za deplasmanske čamce objavljeno vrlo malo rezultata takvih sistematskih ispitivanja. Tačnost proračuna otpora čamca uz upotrebu rezultata sistematskih ispitivanja modela ovisi o tome u koliko mjeri se podvodni dio trupa čamca podudara s oblicima modela upotrijebljenih za sistematsko ispitivanje.



Sl. 84. Utjecaj omjera duljine i istisnine na otpor

Otpor se čamca može prilično tačno izračunati ako je poznat otpor nekog drugog čamca sličnog oblika trupa. Otpor čamca prototipa preračuna se u otpor čamca projekta tako da se, ovisno o razlikama između pojedinih parametara forme trupa jednog i drugog čamca, korigira krivulja otpora čamca prototipa. Jedan od načina ovakve korekture zasniva se na pretpostavci da se utjecaj razlika u oblicima trupa prototipa i projekta može obuhvatiti sumom ispravaka, koja se dodaje ili odbija od krivulje preostalog otpora prototipa.

Koeficijent ukupnog otpora čamca definiran je jednadžbama:

$$C_T = R_T / \frac{1}{2} \rho S V^2 = C_R + C_F + C_N \quad (1)$$

gdje je R_T ukupni otpor, R_R preostali otpor, R_F otpor trenja, ρ gustoća vode, S površina uronjenog dijela trupa čamca, V brzina čamca, $C_R = R_R / \frac{1}{2} \rho S V^2$ koeficijent preostalog otpora; $C_F = R_F / \frac{1}{2} \rho S V^2$ koeficijent otpora trenja (odredi se npr. prema liniji I. T. C. 1957, v. *Brod*, TE 2, str. 188); $C_N = (0 \dots 0,4) \cdot 10^{-3}$, dodatak za hrpavost oplate (za male čamce, čija se oplate može izraditi vrlo glatka, ovaj je dodatak jednak nuli).

Iz jednadžbe (1) proizlazi da je otpor čamca:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_T, \quad (1a)$$

pa je snaga otpora:

$$P_E = R_T V = \frac{1}{2} \rho S V^3 C_T. \quad (2)$$

Otporu čamca R_T definiranom jednadžbom (1 a) treba još dodati otpor privjesaka i izdanaka (kormila, izlaza osovinskih vodova, skrokova i sl.). Otpor privjesaka i izdanaka jednovijčanog čamca

iznosi 5...7% otpora trupa, dvovijčanog čamca 8...12%. Ako su izdanci i privjesci prilagođeni strujanju vode, njihov otpor se smanjuje na 4% za jednovijčane, a na 7% za dvovijčane čamce.

Čamci imaju relativno veći otpor zraka nego brodovi jer je relativna brzina čamca veća, a veći je i odnos između površine nadvodnog i podvodnog dijela trupa. Vrlo brzi čamci mogu imati otpor zraka, bez djelovanja vjetera, gotovo jednako velik kao što je otpor vode. Prema D. W. Tayloru otpor mirnog zraka u kilopondima može se približno izračunati iz jednadžbe

$$R_z = 0,0195 A_T \cdot V_S^2,$$

gdje je A_T površina poprečnog presjeka nadvodnog dijela čamca u m^2 , V_S brzina čamca u $\check{c}v$. Radi ilustracije može se navesti da otpor zraka čamca dugog 12...15 m pri brzini od 24 $\check{c}v$ iznosi 5...6% otpora vode, a sporijih čamacica 1...2% otpora vode, ili se uopće može zanemariti. Otpor zraka je osjetljivo manji ako nadvodni dio čamca ima aerodinamičan oblik, pa je za brze čamce važno da imaju zaobljeno nadgrađe sa što postepenijim prelazima.

Propulzija deplasmanskog čamca. Snaga pogonskog motora koja je potrebna da čamac postigne određenu brzinu izračuna se na isti način kao za veliki brod, tj. pomoću snage otpora P_E i ukupnog stepena propulzije η_D :

$$P_B = P_D / \eta_{os} = P_E / \eta_{os} \eta_D$$

gdje je P_B snaga na spojci motora, P_D vijku predana snaga, η_{os} stepen djelovanja osovinskog voda (iznosi 0,97...0,99, a obuhvaća gubitke u reduktoru ako reduktor nije ugrađen u motoru, gubitke u ležajima osovine, odrivnom ležaju i statvenoj cijevi).

Optimalne vrijednosti ukupnog stepena propulzije η_D za jednovijčane čamce sa dva oblika krme prikazane su na sl. 85 u ovisnosti o koeficijentu napredovanja vijka $\delta = ND/V_A$, gdje je N broj okretaja vijka u minuti, D promjer vijka u stopama, V_A brzina pritjecanja vode vijku u $\check{c}v$ u čvorovima. [$V_A = V(1-w)$, gdje je V brzina čamca a w koeficijent sustrujanja.]

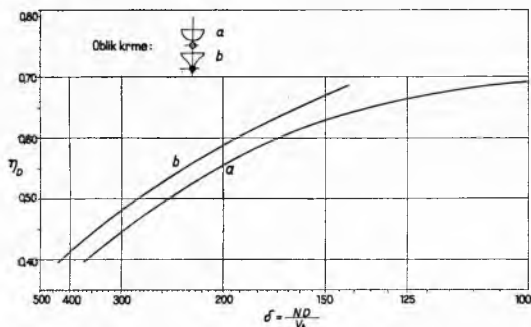
Ukupni stepen propulzije može se rastaviti na komponente:

$$\eta_D = \eta_0 \cdot \eta_H \cdot \eta_R$$

gdje je η_0 stepen djelovanja vijka u slobodnoj vožnji, η_H koeficijent utjecaja trupa i η_R koeficijent utjecaja prijelaza (sl. 86).

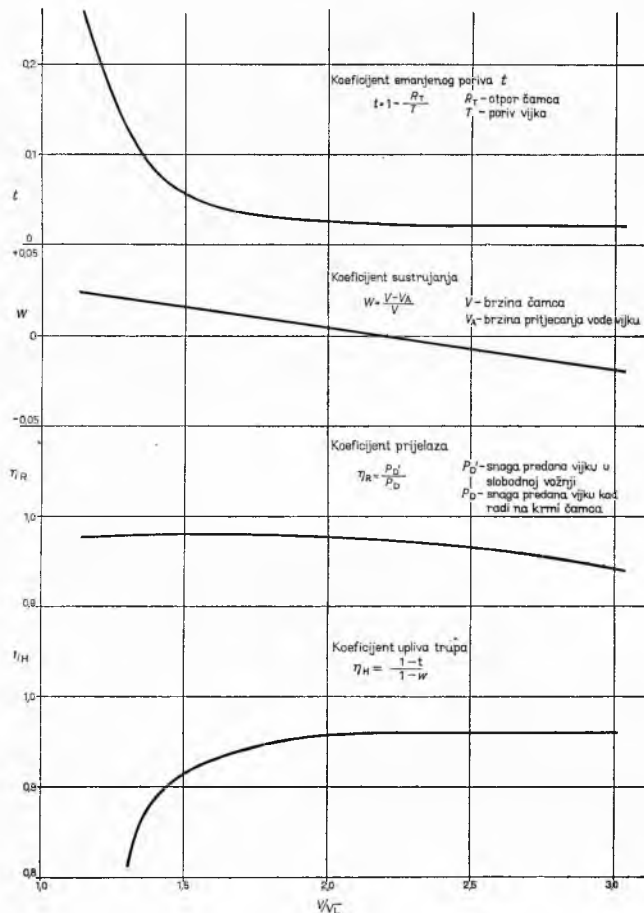
Karakteristike vijka motornog čamca određuju se na isti način kao i za veliki brod (v. *Brod*, TE 2, str. 208), koristeći se raznim dijagramima razrađenim na temelju ispitivanja serija modela ili na temelju teorijskih računa.

Vijci za čamce imaju 2 do 5 krila, najčešće 3. Pri izboru promjera vijka treba voditi računa o tome da između vrha krila i oplate mora ostati dovoljno velik razmak, kako bi se izbjeglo da vrtložno strujanje koje se odvaja sa vrhova krila vijka udara o oplatu pa izazove vibracije krmenog dijela čamca. Motorni čamci obično imaju brzohodne motore. Za spore čamce povoljniji je manji broj okretaja vijka, pa se stoga često iza motora ugrađuje reduktor broja okretaja. Za brze čamce je povoljan veći broj okretaja, pa je vijak obično direktno vezan s motorom. Vrlo



Sl. 85. Optimalni ukupni stepen propulzije jednovijčanih motornih čamacica u ovisnosti o koeficijentu napredovanja vijka

brzi trkaći čamci imaju ponekad ugrađen takav prijenos da je broj okretaja vijka veći od broja okretaja motora. S obzirom na velik broj okretaja i veliku brzinu, vijci motornih čamacica često kavitiraju. To se uzima u obzir već pri projektiranju vijaka, pa se dozvoljava djelomična kavitacija koja još ne utječe na smanjenje poriva, a za vrlo brze čamce se uzimaju i superkavitirajući vijci (v. *Brod*, TE 2, str. 207).



Sl. 86. Komponente stepena propulzije za deplasmanske čamce

Gliseri

Da bi čamac glisirao, tj. da bi dno njegovog trupa klizilo po površini vode, pri čemu hidrodinamički uzgon preuzima ~ 94% težine čamca, potrebna je vrlo velika brzina, kojoj odgovara $Fr_P > 3$. Tu će brzinu čamac postići jedino ako ima takav oblik trupa da se povećanjem brzine toliko povećava i hidrodinamički uzgon da preostali otpor čamca naglo ne raste, nadalje, ako težina čamca ne prelazi određenu vrijednost, i ako je pogonski motor dovoljno snažan. Danas se već postiže da glisiraju čamci dužine 40...45 m i težine 100...150 t. Moderni gliseri s ravnim dnom razvijaju brzine pri kojim Froudeov broj ne prelazi vrijednost $Fr_P = 5...6$, dok sportski gliseri sa stepeničastim dnom postižu čak i $Fr_P = 11...12$.

Oblik trupa glisera. Dno trupa glisera, tj. glisirajuća ploha, može biti različitog oblika (sl. 87). Najjednostavnija je potpuno ravna ploha koja ima i najbolja svojstva glisiranja, ali su nedostaci potpuno ravnog dna čamca loša stabilnost kursa, loša upravljivost čamca i loše ponašanje na valovima, pa se stoga gliseri sa sasvim ravnim dnom gotovo nikada ne grade. Najveći broj modernih glisera, naročito onih za dužu plovidbu, ima dno V-oblika (sl. 88). Takav oblik dna povoljan je u pogledu hidrodinamičkog uzgona, a istovremeno osigurava dobro ponašanje čamca na uzburkanom moru i dobru stabilnost u plovidbi. Na pramcu je potreban nešto veći poprečni nagib dna da se smanje udarci pri nailasku na valove, a prema krmi se nagib smanjuje. Na krmenom zrcalu dno može biti i potpuno ravno, ali je ipak bolje da postoji mali poprečni nagib prema bokovima radi boljih kormilarskih svojstava čamca.

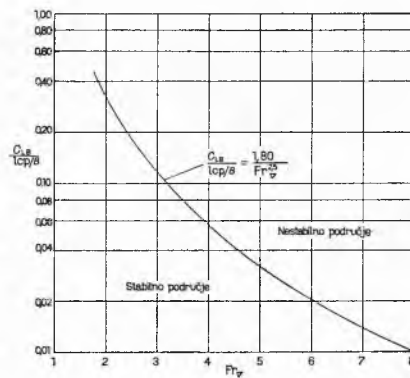
U uzdužnom smjeru dno na krmenom dijelu glisera treba da je što ravnije; može biti potpuno ravno ili eventualno malo konkavno prema vodi, ali nikako konveksno. Prelaz dna u bokove treba da je oštar, jer svako zaobljenje prelaza djeluje vrlo loše na svojstva glisiranja.

Vrlo brzi gliseri imaju površinu dna trupa znatno veću od potrebne za glisiranje, pa se glisirajuća ploha podijeli na dva ili

više dijelova razdvojenih poprečnim ili uzdužnim stepenicama. Time se postiže da je pri glisiranju samo jedan mali dio površine dna u dodiru s vodom, što znatno smanjuje otpor čamca.

Glisirajući po mirnoj vodi čamac zauzima određen položaj (izdizanje, trim) s obzirom na površinu vode. Taj položaj ovisi uglavnom o rasporedu pritiska duž dna glisera, uzdužnom položaju tzv. centra pritiska i uzdužnom položaju težišta mase čamca. Ako se iz bilo kojeg razloga, npr. uslijed vala, poremeti ravnoteža između hidrodinamičke sile uzgona i težine čamca, čamac počinje posrtati (sl. 89). Ako je gliser u uzdužnom smjeru dinamički stabilan, on će nakon nekog vremena ponovo zauzeti svoj prijašnji uravnoteženi položaj, naravno ukoliko nisu u međuvremenu nastupili novi vanjski poremećaji. Međutim, može se dogoditi da se posrtanje ne priguši i da se gliser nastavi gibati oscilatorno. Ta pojava dinamičke nestabilnosti glisera u uzdužnom smjeru naziva se *poskakivanje* (engleski »porpoising« od *porpoise*, dupin). Granična krivulja između stabilnog i nestabilnog područja prikazana je na sl. 90.

Teorije glisiranja. Glisiranje čamca ili, bolje rečeno, glisiranje plohe koja predstavlja dno čamca po površini realne tekućine vrlo je složena pojava koja danas još nije egzaktno teorijski raz-



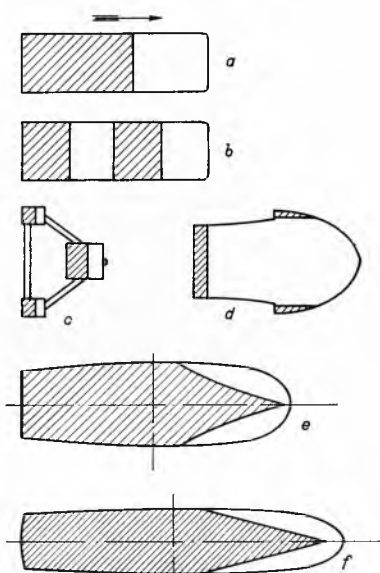
Sl. 90. Granica stabilnog i nestabilnog područja glisiranja

rađena. Teorijski je riješen slučaj glisiranja potpuno ravne ili klinaste plohe beskonačne širine po površini idealne tekućine (tj. pretpostavlja se neviskozna tekućina i dvodimenzijско potencijalno strujanje). Ipak, rezultati takvih pojednostavnjenih teorija glisiranja mogu se, uz izvjesne korekture, primijeniti i za realne uvjete glisiranja, pa i za kvantitativno određivanje hidrodinamičkih svojstava glisera.

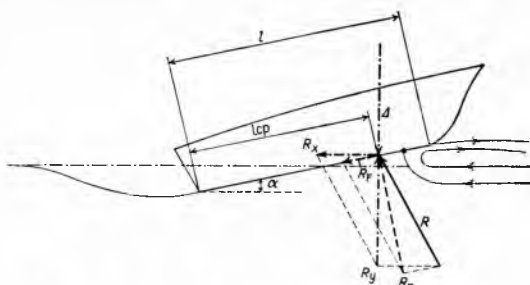
Linearna teorija glisiranja je razrađena na osnovu analogije između glisiranja ploče i kretanja tankog krila. Pretpostavlja se da je ploča ravna, beskonačno široka, i da glisira zatvarajući mali napadni kut sa površinom vode. Ove pretpostavke dozvoljavaju da se uzme u obzir i utjecaj stvaranja valova.

Nelinearna teorija glisiranja pretpostavlja glisirajuću ploču klinastog oblika i $Fr \rightarrow \infty$, tj. tako veliku brzinu da se može zanemariti sila teže (težina tekućine), a time i stvaranje valova. Ova teorija vrijedi za bilo kakve napadne kutove. Hidrodinamičke sile se određuju primjenom zakona količine gibanja na volumen tekućine omeđen slobodnom površinom, glisirajućom pločom, presjekom prskajućeg mlaza i poprečnim presjecima strujnog toka daleko ispred i daleko iza ploče.

Hidrodinamičke sile i njihovi koeficijenti. Na sl. 91 prikazane su sile koje djeluju na gliser jednostavne forme i potpuno ravnog dna. Sila otpora trenja R_p djeluje paralelno sa ravninom dna, a sa R_n daje rezultirajuću hidrodinamičku silu R . Sila R se obično rastavlja na silu uzgona $R_y = \Delta$ i na otpor R_x .



Sl. 87. Razni oblici i rasporedi glisirajućih ploha. a Pravokutna glisirajuća ploha (prijedlog C. M. Ramusa 1872), b dvije glisirajuće plohe (modificiran a), c glisirajući model s tri plohe (W. Froude 1873), d kasniji model s tri glisirajuće plohe, e gliser ~ 7 m, f patrolni čamac duljine ~ 26 m i brzine 40 čv



Sl. 91. Sile koje djeluju na dno glisera jednostavne forme

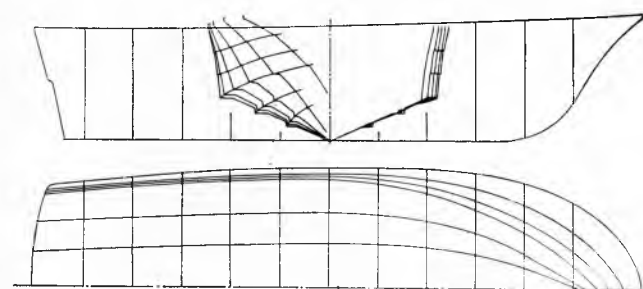
Rezultati eksperimentalnih ispitivanja glisirajućih ploha i modela glisera redovito su predočeni u obliku bezdimenzijskih koeficijenata. U praksi se često upotrebljava koeficijent dinamičkog opterećenja C_B definiran jednadžbom:

$$C_B = \Delta / (\frac{1}{2} \rho B^2 V^2), \quad (3)$$

gdje je Δ težina glisera, B širina dna glisera, ρ gustoća vode. Vrijednosti omjera koeficijenta C_B i napadnog kuta α (u radijanima) prikazane su na sl. 92 u ovisnosti o izduženju oplakanog dna glisera $\lambda = l/B$. Za centriranje i raspored težina glisera važan je koeficijent momenta C_M definiran jednadžbom:

$$C_M = M / \Delta B, \quad (4)$$

gdje je M moment sile teže s obzirom na krmeni brid dna. Vrijednosti koeficijenta C_M prikazane su u dijagramu sl.

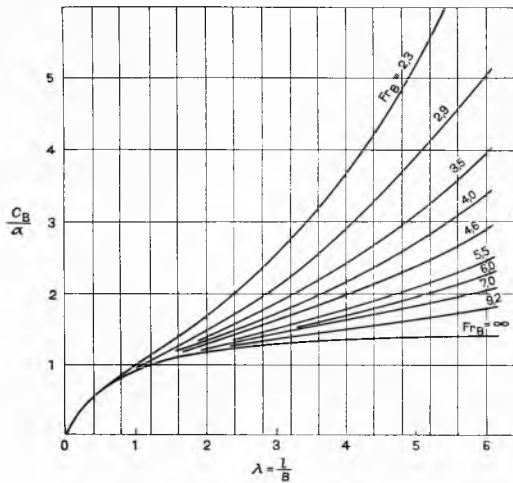


Sl. 88. Oblik trupa savremenog glisera »Fjord Consul« (J. H. Linge); $L_{OA} = 7,85$ m, $B = 3,2$ m, 2×110 KS, $V = 27$ čv

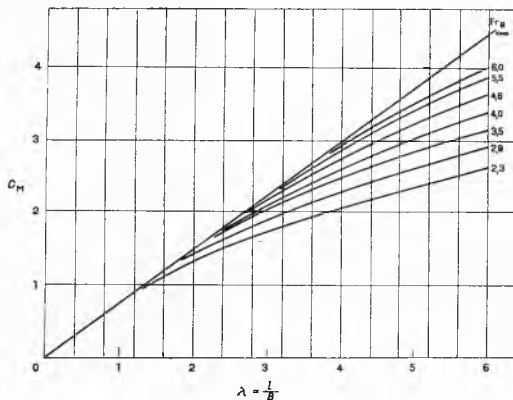


Sl. 89. Ponašanje glisera kod poskakivanja. R = rezultirajuća hidrodinamička sila; l moment rezultirajuće hidrodinamičke sile izdiže pramac, čamac se propinje i prelazi preko ravnotežnog položaja 2 u položaj 3 u kojem moment hidrodinamičke sile izdiže krmu i ponovo dovodi čamac u početni položaj 4 s momentom izdizanja pramca

93. Pri konstantnoj brzini glisiranja moment sile teže jednak je hidrodinamičkom momentu koji djeluje na dno čamca, pa se hvatište rezultirajuće sile pritisaka na dno, lcp, može odrediti iz jednadžbe: $lcp = B C_M$. Pri projektiranju glisera često se umjesto s otporom R_x računa sa specifičnim otporom R_x/Δ , koji se naziva i koeficijentom glisiranja.



Sl. 92. Vrijednost omjera koeficijenta dinamičkog opterećenja i napadnog kuta u ovisnosti o izduženju oplakanog dna glisera



Sl. 93. Vrijednosti koeficijenta momenta u ovisnosti o izduženju oplakanog dna glisera

Oplakana dužina dna glisera l mijenja se s brzinom, pa se stoga za glisere Froudeov broj definira i sa širinom dna B , koja ostaje konstantna pri svim brzinama: $Fr_B = V/\sqrt{gB}$. Između Fr i Fr_B postoji relacija: $Fr_B = Fr/\lambda$, gdje je $\lambda = l/B$.

Prema zakonima sličnosti koeficijenti C_B , C_M i R_x/Δ ovise o Froudeovom broju, Reynoldsovom broju, napadnom kutu α i geometrijskim karakteristikama glisirajućih ploha. Utjecaj Reynoldsovog broja na C_B i C_M praktički se može zanemariti.

Otpor glisera. Iz sl. 91 vidi se da je otpor glisera:

$$R_x = R_F \cos \alpha + R_n \sin \alpha.$$

Prvi član predstavlja otpor trenja, a drugi sumu otpora prskanja i otpora valova. S obzirom na to da je:

$$\Delta = R_y = R_n \cos \alpha - R_F \sin \alpha \approx R_n \cos \alpha$$

za male napadne kutove, kakvi obično dolaze u praksi, može se pisati da je specifični otpor:

$$R_x/\Delta = R_F/\Delta + \operatorname{tg} \alpha. \quad (5)$$

Ako je dno glisera ravno, prskajući mlaz je usmjeren prema pramcu, tj. u smjeru glisiranja (sl. 91), uslijed čega se donekle smanjuje otpor trenja. To je naročito izrazito pri napadnim kutovima većim od 6° .

Otpor glisera i utjecaj promjene pojedinih karakteristika trupa na otpor mogu se približno procijeniti pomoću dijagrama razrađenih na osnovu sistematskih ispitivanja ravnih i klinolikih

glisirajućih ploha (v. sl. 92 i 93). Kao polazni podaci služe srednja širina dna glisera B , srednji nagib dna β_0 , udaljenost težišta glisera od krmenog zrcala, težina glisera Δ i brzina glisera V . Srednja širina dna glisera je definirana jednadžbom $B = \frac{1}{2}(B_m + B_l)$, a srednji nagib dna jednadžbom: $\beta_0 = \frac{1}{2}(\beta_m - \beta_l)$, gdje indeks m označava glavno rebro, a indeks l krmeno zrcalo.

Uzevši da je $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$, otpor se izračuna iz jednadžbe:

$$R_x = (C_F + \Delta C_F) \cdot \frac{1}{2} \rho S V^2 + \Delta \alpha \rho_0 \quad (6)$$

gdje je C_F koeficijent otpora trenja ravne ploče, ΔC_F dodatak za hrapavost dna glisera, ρ gustoća vode, S oplakana površina dna, V brzina, Δ težina glisera, α napadni kut korigiran zbog utjecaja nagiba dna glisera.

Kao prvo, procijeni se vrijednost koeficijenta momenta $C_M = lcp/B$, određivši udaljenost težišta glisera od krmenog zrcala na osnovu približnog rasporeda težina čamca. Za određene vrijednosti C_M i Fr_B dobiva se iz dijagrama sl. 93 odgovarajuća veličina izduženja oplakanog dijela dna glisera $\lambda = l/B$, pa se, prema λ iz sl. 92 odredi omjer C_B/α , odnosno napadni kut α koji odgovara pretpostavljenom rasporedu težina i brzina V . Zbog utjecaja nagiba dna β_0 , vrijednosti λ i α korigiraju se prema formulama:

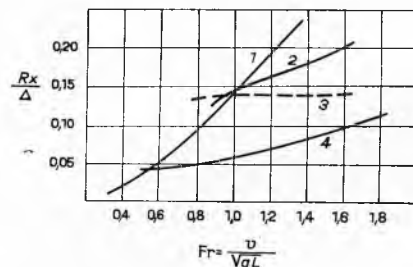
$$\lambda_{\beta_0} = \lambda^{0,8} \frac{1}{\cos \beta_0} [1 - 0,29 (\sin \beta_0)^{0,28}] [1 + 1,35 (\sin \beta_0)^{0,44} \frac{C_M}{\sqrt{Fr_B}}]$$

$$\alpha_{\beta_0} = \alpha + \frac{0,15 (\sin \beta_0)^{0,8} \cdot [1 - 0,17 \sqrt{\lambda_{\beta_0}} \cdot \cos \beta_0]}{Fr_B^{0,3} \cdot \sqrt{\lambda_{\beta_0}} \cdot \cos \beta_0}$$

Oplakana površina dna glisera proračuna se iz jednadžbe $S = \lambda_{\beta_0} B^2$, a srednja oplakana dužina dna iz jednadžbe $l = \lambda_{\beta_0} B$, pa se time raspolože svim vrijednostima potrebnim za približni proračun otpora glisera pomoću formule (6).

Čamci s podvodnim krilima

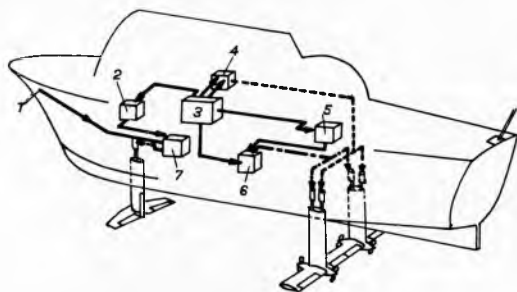
Ako se ispod trupa čamca pričvrsti krilo pa se čamac kreće određenom, relativno velikom brzinom, hidrodinamička sila uzgona koja nastaje na podvodnom krilu dovoljno je velika da uzdigne trup čamca iznad vode. Uronjeni ostaju: podvodna krila, dijelovi nosača krila, kormila, dijelovi osovinskih vodova i vijci. Pri takvoj vožnji otpor stvaranja valova je minimalan, a zbog male oplakane površine malen je i otpor trenja, pa je i ukupni otpor čamca s podvodnim krilima pri visokim brzinama manji od otpora deplasmanskog čamca ili glisera (sl. 94).



Sl. 94. Specifični otpor različitih tipova čamaca. 1 Deplasmanski čamac, 2 gliser bez stepenice, 3 gliser sa stepenicom, 4 čamac s podvodnim krilima

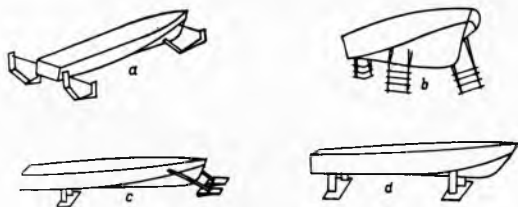
Prve ideje o čamcu s podvodnim krilima nastale su koncem prošlog vijeka. 1891 konstruirao je u Francuskoj C. A. de Lambert prvi čamac s podvodnim krilima: taj se čamac nije potpuno izdigao iz vode, ali je postigao znatnu brzinu. Nakon de Lambertovih pokušaja bilo je više patenata i konstrukcija s različitim rješenjima nosivih podvodnih ploha. 1906 uspijeva Talijan Forlanini sagraditi čamac s podvodnim krilima istisnine 1,65 t, koji je postigao brzinu od 38 čv, izdigavši se potpuno iz vode, ali mu je pri tome stabilitet bio slab. Ubrzo nakon toga Talijan G. C. Crocco konstruirao čamac koji već ima sve osnovne karakteristike modernog čamca s podvodnim krilima i s njime postiže brzinu od 50 čv. Međutim, ni taj projekt nije potpuno uspio jer tadašnje stanje tehnike i tehnologije nije omogućavalo da se praktički provedu sva rješenja i prijedlozi Crocca. U razdoblju od 1907 do 1920 problemom podvodnih krila i njihove primjene za male čamce i hidroavione bavili su se u Americi Richardson, Curtis i Graham Bell, a u Italiji Guidoni, ali bez većeg praktičnog uspjeha. Nakon 1930 počinje se intenzivnije raditi na razvoju čamaca s podvodnim krilima u Njemačkoj. God. 1932 O. Tietjens je razradio sistem podvodnih krila, s jednim velikim V-krilom na pramčanom dijelu čamca i malim krilom stabilizatorom na krmu. H. F. von Schertel konstruirao 1936 čamac sa dva podvodna V-krila i s tim čamcem postiže zadovoljavajuće rezultate. Uoči i tokom drugog svjetskog rata u Njemačkoj se gradi veći broj prototipnih čamaca s podvodnim krilima namijenjenih za ratne svrhe, od kojih je najveći imao istisninu od 80 t. Ipak, njemačka ratna mornarica nije uspjela nijedan od tih čamaca uvesti u redovitu službu. — Pred drugi svjetski rat počinju se u SSSR baviti teorijskom obradom podvodnih krila istaknuti

teoretičari kao Keldyš, Lavrentiev i Kočin, pa je 1943, nakon opsežnih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja, sagrađen uspio čamac sa malo uronjenim krilima. Nakon 1950 u SSSR se serijski grade sve veći čamci sa malo uronjenim krilima, nami enjeni redovnom prijevozu putnika. Nakon drugog svjetskog rata čamci s podvodnim krilima grade se i u nekim drugim zemljama Evrope (Engleskoj, Švicarskoj, Švedskoj, Nizozemskoj) i u USA. Karakteristika evropskih projekata i konstrukcija čamaca jest da pretežno imaju djelomično uronjena V-krila, dok je u USA razvoj usmjeren na potpuno uronjena krila s automatskom kontrolom stabiliteta (sl. 95).



Sl. 95. Shematski prikaz uređaja za automatsku regulaciju stabiliteta i uronjaja krila. 1 Davač visine izdizanja, 2 pramčani akcelerometar, 3 zvrk, 4 elektronički uređaj za sprečavanje ljuljanja, 5 krmeni akcelerometar, 6 krmeni i 7 pramčani elektronički uređaj za reguliranje poniranja

Karakteristike podvodnih krila. Plovi li čamac s podvodnim krilima brzinom iznad neke kritične brzine (brzine izdizanja), trup čamca je potpuno izdignut iznad vode. To znači — ako se zanemari vrlo mali statički uzgon uslijed istisnine uronjenih dijelova krila, nosača, skrokova i propelerskih osovina — da je težina čamca jednaka dinamičkom uzgonu na krilima. Pri takvoj plovidbi javlja se problem stabiliteta čamca, naročito uzdužnog stabiliteta, što se nastoji riješiti oblikom i razmještajem podvodnih krila. Postoje četiri osnovna sistema razmještaja podvodnih krila (sl. 96): ljestvičasto raspoređena krila, djelomično uronjena V-krila, potpuno uronjena krila kombinirana s glisirajućim papučama, potpuno uronjena krila. Svaki od tih sistema



Sl. 96. Osnovna rješenja razmještaja podvodnih krila. a Djelomično uronjena V-krila, b ljestvičasto raspoređena krila, c potpuno uronjena krila kombinirana s glisirajućim papučama, d potpuno uronjena krila

ima svoje prednosti i nedostatke, pa se ponekad u praksi optimalno rješenje dobiva različitim kombinacijama tih osnovnih sistema.

Čamci s podvodnim krilima najčešće imaju dva krila, pramčano i krmeno. Raspodjela opterećenja između pramčanog i krmenog krila odredi se iz jednadžbi ravnoteže čamca:

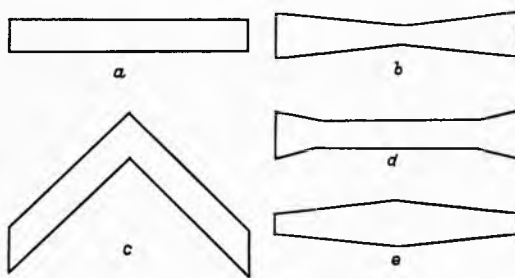
$$\begin{aligned} R_{zp} + R_{zk} &= \Delta \\ R_{zp} x_p + R_{zk} x_k &= \Delta x_G \end{aligned} \quad (7)$$

gdje je Δ istisnina (težina) čamca, x_G udaljenost težišta čamca od krmenog zrcala, R_z sila uzgona na krilu (vertikalna komponenta hidrodinamičke sile na krilu), x udaljenost hvatišta sile uzgona od krmenog zrcala, a indeksi p i k označuju pramčano i krmeno krilo. (Zbog sličnosti s avionskim krilima, različiti koeficijenti i karakteristične veličine podvodnih krila često se označuju prema nomenklaturi uobičajenoj u aerodinamici, pa je to usvojeno i u ovom članku.)

Ako se znaju koeficijenti uzgona C_z podvodnih krila, potrebna površina pramčanog i krmenog krila određuje se iz jednadžbi:

$$\begin{aligned} R_{zp} &= C_{zp} \cdot \frac{1}{2} \rho S_p V^2, \\ R_{zk} &= C_{zk} \cdot \frac{1}{2} \rho S_k V^2, \end{aligned}$$

gdje je ρ gustoća vode, S površina krila, V brzina čamca.

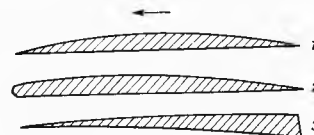


Sl. 97. Oblici tlocrta podvodnih krila. a Pravokutni, b i d krila V-oblika na krajevima proširena, c strelasti, e romboidni

Najčešći oblici tlocrta podvodnih krila prikazani su na sl. 97. Pravokutni oblik upotrebljava se za potpuno uronjena i malo uronjena krila. Romboidni oblik obično se uzima za mala krmena potpuno uronjena krila. Krila V-oblika proširena su na krajevima koji strše van vode, jer se time poboljšava poprečni stabilitet čamca. U novije se vrijeme za potpuno uronjena, a naročito za malo uronjena krila, sve više upotrebljava strelasti oblik. Pramčano strelasto krilo ima kut otklona prema natrag $15^\circ\text{--}40^\circ$, a krmeno $5^\circ\text{--}10^\circ$, ili uopće nema otklona. Što je veća brzina to kut otklona treba da je veći. Prednosti su strelastih krila što pružaju čamcu bolji stabilitet kursa i bolje ponašanje na valovima nego pravokutna krila, a nešto su povoljnija i u pogledu kavitacije.

Uronjena krila imaju povoljniji omjer uzgona i otpora R_z/R_x nego glisirajuće plohe. Glisirajuća ploha pri napadnom kutu $4^\circ\text{--}6^\circ$ ima $R_z/R_x = 6\text{--}9$, djelomično uronjeno V-krilo $20\text{--}30$, a potpuno uronjena krila imaju još veće vrijednosti R_z/R_x .

Za podvodna krila najčešće se upotrebljavaju profili prikazani na sl. 98. Za djelomično i malo uronjena krila najpovoljniji su segmentni profili 1, a za potpuno uronjena krila profili 2. Relativna debljina tih profila iznosi $3\text{--}7\%$ njihove dužine. Za brzine preko 80 čv dolaze u obzir superkavitirajući profili 3 i ventilirani profili.



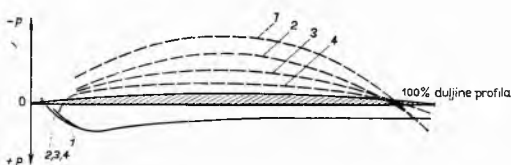
Sl. 98. Profili podvodnih krila. 1 Kružni profil, 2 strujni profil, 3 klinasti profil

Pri visokim vrijednostima Froudeovog broja blizina slobodne površine vode [omjer uronjaja i dužine profila krila ($h/b < 2$) znatno utječe na raspored i veličinu potpritiska na gornjoj strani profila krila, dok se pritisak na donjoj strani vrlo malo mijenja (sl. 99). Smanjenjem uronjaja smanjuje se rezultirajuća sila pritiska na profilu, pa uslijed toga i sila hidrodinamičkog uzgona. Utjecaj relativnog uronjaja h/b pri različitim napadnim kutovima α na koeficijent uzgona za simetrični segmentni profil izduženja (omjera raspona krila i dužine profila krila) $\lambda = 5$ prikazan je na sl. 100. Izduženje krila λ znatno utječe na koeficijent C_z . S povećanjem izduženja povećava se C_z sve do $\lambda = 7\text{--}9$, kad karakteristike krila praktički odgovaraju karakteristikama krila beskonačnog raspona, pa C_z ostaje konstantan i neovisan o daljnjem povećanju λ . Podvodna krila na čamcima obično imaju izduženje $\lambda = 4\text{--}6$.

Otpor čamca s podvodnim krilima pri vožnji u potpuno izdignutom stanju sastoji se od otpora krila, otpora nosača krila, upora i raznih privjesaka, i otpora zraka.

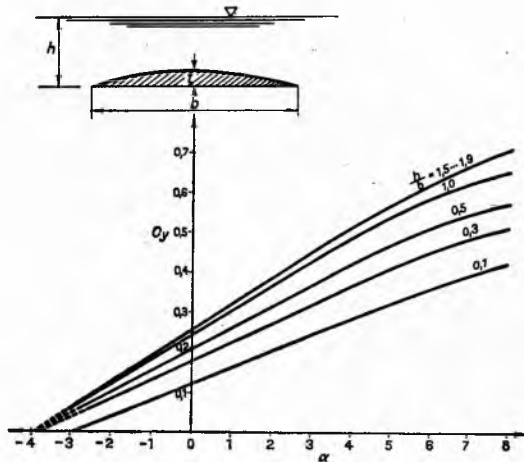
Otpor krila često se izražava koeficijentom otpora:

$$C_x = R_x / \frac{1}{2} \rho S V^2, \quad (8)$$



Sl. 99. Raspored pritiska na profilu podvodnog krila kod različitih relativnih uronjaja

krivulja h/b	1	2	3	4
	1,0	0,5	0,25	0,15



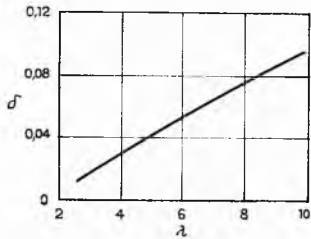
Sl. 100. Koeffcijent uzgona krila sa simetričnim segmentnim profilom u ovisnosti o relativnom uronjaju i napadnom kutu

gdje je S projicirana ili tlocrtna površina krila. Otpor krila se sastoji od viskoznog otpora C_v , induciranog otpora C_i i otpora valova C_w , pa je koeffcijent ukupnog otpora krila:

$$C_x = C_v + C_i + C_w \quad (9)$$

Koeffcijent ukupnog otpora C_x podvodnog krila ima vrijednost $(10 \dots 14) \cdot 10^{-3}$.

Najveći udio u ukupnom otporu podvodnog krila ima viskozni otpor. Za sve važnije tipove profila hidrodinamički glatkih podvodnih krila pri različitim napadnim kutovima i različitim Reynoldsovim brojevima određene su vrijednosti koeffcijenta viskoznog otpora C_v pomoću eksperimenata, pa ti podaci služe za proračun otpora krila.



Sl. 101. Vrijednosti funkcije $\delta = f(\lambda)$

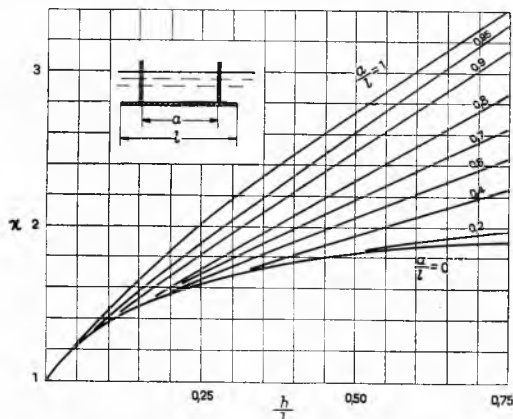
Prema analogiji između strujanja oko podvodnog krila i krila biplana uzima se da je koeffcijent induciranog otpora:

$$C_i = \left(\delta + \frac{2}{\kappa} \right) \frac{C_z^2}{\lambda \pi^2} \quad (10)$$

gdje je C_z koeffcijent uzgona krila, λ izduženje ili vitkost krila. Funkcija $\delta = f(\lambda)$ određi se prema sl. 101, a koeffcijent κ , ovisan o uronjaju krila i položaju nosača, iz sl. 102.

Pri visokim brzinama otpor valova koje stvaraju krila vrlo je malen. Za visoke vrijednosti Fr koeffcijent otpora valova C_w se proračuna iz jednadžbe:

$$C_w = 0,5 \frac{1 - \frac{2\pi}{Fr^2}}{Fr^2} C_z^2 \quad (11)$$

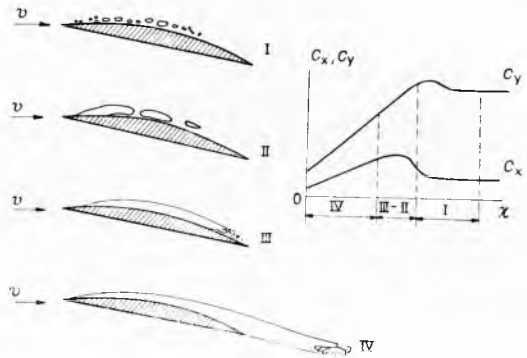


Sl. 102. Vrijednost koeffcijenta κ za ravno potpuno uronjeno krilo u ovisnosti o uronjaju krila i položaju nosača

Iz gornjeg izraza se vidi da povećanjem Froudeovog broja Fr opada vrijednost C_w . Pri najvišim vrijednostima Froudeovog broja koje postižu najbrži čamci s podvodnim krilima, a to je $Fr \approx 15$, koeffcijent C_w je redovito manji od $2 \cdot 10^{-3}$.

Otpor krila iznosi $\sim 60\%$ ukupnog otpora čamca sa podvodnim krilima, dok ostatak otpada na parazitske otpore (otpor nosača krila, osovina, skrokova, privjesaka itd.) i otpor zraka. Pojedini parazitski otpori mogu se sa priličnom tačnošću proračunati prema teorijskim i eksperimentalnim podacima iz aerodinamike i hidrodinamike. Nosači i upore na krilima imaju vrlo mali otpor valova, pa je kod njih važniji otpor prskanja, koji nastaje na mjestu gdje nosač ili upora izlaze iz vode. Zbog velike brzine i velike nadvodne površine, čamci sa podvodnim krilima imaju znatno veći otpor zraka nego ostali tipovi čamaca. Otpor zraka se proračunava na isti način kao za obične motorne čamce.

Kavitacija podvodnih krila. Pri visokim brzinama može se pojaviti kavitacija na podvodnim krilima i njihovim nosačima i uporama. Uslijed kavitacije mijenja se režim strujanja oko krila,



Sl. 103. Razvoj kavitacije na podvodnim krilima i utjecaj na C_x i C_y

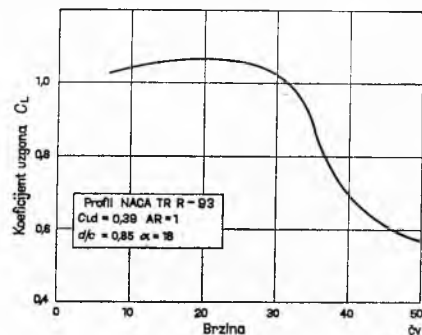
a time također otpor i uzgon krila (sl. 103); pored toga kavitacija može izazvati šumove, vibracije i erozijsko razaranje površine krila.

Kavitacija nastaje kad pritisak na površini krila postane jednak pritisku p_e pod kojim se isparava voda. Brzina strujanja pri kojoj dolazi do kavitacije može se odrediti iz jednadžbe:

$$V_k = \sqrt{\frac{2(p_0 + \gamma h - p_e)}{\rho C_{p \min}}}$$

gdje je p_0 pritisak na slobodnoj površini tekućine, h uronjaj krila, γ specifična težina tekućine, p_e pritisak pare, ρ gustoća tekućine, $C_{p \min} = [(p - p_0)/\frac{1}{2} \rho V^2]_{\min}$ minimalna vrijednost koeffcijenta pritiska na krilu. Da se izbjegne pojava kavitacije, potrebno je da profil podvodnog krila ima što manju vrijednost koeffcijenta pritiska, raspored pritiska oko profila treba da je što ravnomjerniji, napadni kut krila ne smije biti velik, a krilo mora biti što tanje ili malo uronjeno, jer se sa smanjenjem uronjaja smanjuje i potpritisak na krilu (v. sl. 99).

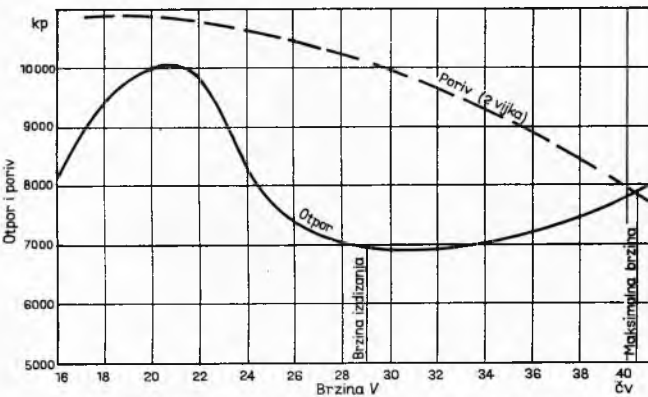
Pri vrlo visokim brzinama kavitacija se ne može nikako izbjeći; stoga, da se smanje štetne posljedice kavitacije (prvenstveno



Sl. 104. Nagla promjena koeffcijenta uzgona kod pojave potpune kavitacije

kavitacijska erozija), danas se počinju izrađivati podvodna krila sa superkavitirajućim profilima ili tzv. ventiliranim profilima. Nedostatak je superkavitirajućih profila da se u momentu kad nastupi potpuna kavitacija, tj. kad se strujanje potpuno odvoji od krila, naglo promijeni uzgon krila (sl. 104). Stoga se nastoji da potpuna kavitacija nastupi prije nego što se čamac potpuno izdigne iz vode, tako da i hidrostatički uzgon trupa još preuzima dobar dio težine čamca, pa se nagla promjena hidrodinamičkog uzgona podvodnog krila tako jako ne osjeća. Ventilirani profili omogućavaju da se dovodi atmosferski zrak u kavitacijsku šupljinu, pa se na taj način može regulirati oblik i pojava kavitacijske šupljine i izazvati potpuna kavitacija krila u momentu kad nagla promjena uzgona krila još nema loše posljedice.

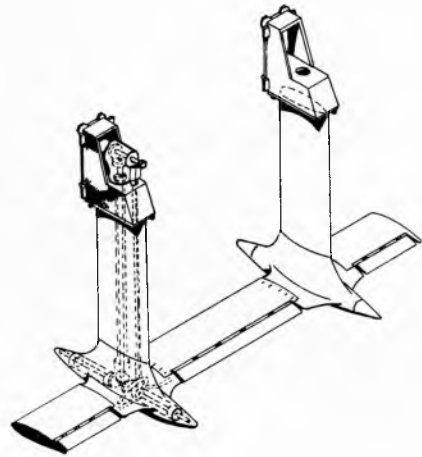
Propulzija čamaca s podvodnim krilima. Postoje dva karakteristična režima plovidbe čamca s podvodnim krilima: jedan je period izdizanja čamca iz vode, a drugi je vožnja maksimalnom brzinom kad je čamac potpuno izdignut. Period izdizanja savremenih čamaca traje svega 10...15 sekundi; kroz to vrijeme otpor je čamca vrlo velik, često veći od otpora pri maksimalnoj brzini (sl. 105). Vijak se projektira za maksimalnu brzinu, ali se obavezno mora provjeriti da li su raspoloživa snaga pogonskog motora i poriv vijka dovoljni da savladaju otpor čamca u periodu izdizanja. Pri tome treba imati u vidu da je na uzburkanom moru potreban najmanje 10...15% veći poriv nego na mirnom moru da bi se čamac izdigao iz vode.



Sl. 105. Krivulje otpora i poriva čamca s podvodnim krilima

Za pogon čamaca s podvodnim krilima služe lagani brzo-hodni motori velike snage. Motor je većinom smješten na pramčanom dijelu čamca. Od motora do vijka, koji se nalazi kod krmenog krila, vodi duga osovinu pod nagibom 8...12°. Takav raspored propulzijskog uređaja omogućava jednostavan prijenos snage

vijkom preko Z-prijenosa s kutnim zupčanicima (sl. 106). Osim normalnog broskog vijka, za pogon čamaca s podvodnim krilima ponekad se upotrebljavaju i poluuronjeni vijci, zračni vijci i mlazni motori.



Sl. 106. Z-prijenos s kutnim zupčanicima za pogon čamca s podvodnim krilima

Ponašanje čamaca s podvodnim krilima na valovima. Čamac s podvodnim krilima ima prednost pred drugim tipovima čamaca da i na uzburkanom moru može razviti punu brzinu, ako jačina mora ne prelazi određenu granicu. Ta granica je ovisna u prvom redu o visini izdizanja trupa iznad morske površine, a zatim o veličini čamca. Ako je stanje mora takvo da čamac ne može ploviti potpuno izdignut, ponašat će se na valovima slično kao deplasmanski čamac ili gliser, štoviše, podvodna krila često djeluju kao stabilizatori i prigušivači gibanja.

Što je veća učestalost kojom čamac nailazi na valove to su manji vertikalni pomaci čamca, jer se uslijed tromosti mase čamca prigušuju poremećaji izazvani brzim promjenama uzgona na podvodnim krilima. Ponašanje čamca u znatnoj mjeri ovisi o tome da li valovi nailaze u pramac ili u krmu. Kad valovi nailaze u pramac, povećava se frekvencija susreta valova i čamca, a kad nailaze u krmu, ona se smanjuje. Potpuno uronjena krila imaju bolja svojstva od djelomično uronjenih V-krila na valovima koji dolaze s krme, a na valovima u pramac bolja svojstva imaju djelomično uronjena krila.

Primjeri izgrađenih čamaca s podvodnim krilima proizvodnje SSSR dani su na tabl. 9. M. Rakamarić

Tablica 9
ČAMCI SA PODVODNIM KRILIMA PROIZVODNJE SSSR

	Raketa	Volga	Meteor	Sputnik	Čajka	Kometa	Vjhr'	
Duljina	m	27	8,5	34,6	48	26,3	35,1	47,9
Širina	m	5	2,1	9,5	12	3,8	9,6	12
Visina	m	4,5	1,5	6	7,5	3,54	7,8	10,1
Gaz, mirovanje	m	1,8	0,85	2,3	2,5	1,10	3,2	4,1
Gaz, vožnja na krilima	m	1,1	0,55	1,2	0,9	0,30	1,4	1,5
Istisnina	t	25,3	1,90	53,6	110	14,4	58,3	117,4
Snaga motora	KS	1000	77	2400	4800	1200	2400	4800
Brzina	km	65...70	60	70...80	65...70	86...97	60	65
Broj putnika		66	6	128	260...300	30	118	260...300

na vijak, ali ima i više nedostataka. Duge osovine sa skrokovima i ležajima povećavaju otpor čamca; vijak je smješten koso, što ubrzava pojavu kavitacije, a može izazvati i vibracije; osovinu presijeca površinu vode, pa vijak može duž osovine usisavati atmosferski zrak, uslijed čega se smanjuje stepen djelovanja vijka, itd. Povoljno je da se vijak smjesti ispod krmenog krila u područje povećanih pritisaka, jer se tako smanjuje mogućnost usisavanja zraka.

Da se izbjegnju nepovoljne strane duge, kose propellerske osovine, na nekim čamcima je motor smješten na krmi i vezan s

LIT.: H. I. Chapelle, Yacht designing and planning, New York 1936. — A. Tiller, Yachtbau, Berlin 1937. — H. Grohmann, Das Segel, München 1937. — L. Lord, Naval architecture of planing hulls, New York 1946. — V. Veber, Kajak i kajakaštvo, Zagreb 1950. — P. du Cane, High-speed small craft, Cambridge 1950. — D. Phillips-Birt, Motor yacht and boat design, London 1953. — H. I. Chapelle, Boatbuilding, London 1956. — D. Phillips-Birt, The naval architecture of small craft, New York 1957. — H. E. Saunders, Hydrodynamics in ship design, New York 1957. — A. Zeželj, Veslanje, Beograd 1958. — Gibbs & Cox, Marine design manual for fiberglass reinforced plastics, New York 1960. — K. H. Wozniak, Kanusport, Berlin 1963. — H. A. Zaičev, A. I. Маскалик, Отечественные суда на подводных крыльях, Ленинград 1964. — W. Reuss, Ruder, Boot und Bootshaus, Minden 1964. — C. Eichler, Yacht- und Bootsbaubau, Berlin 1966.

V. Karabaić M. Rakamarić A. Sentić