

materijali sa znatno boljim mehaničkim i tehničkim svojstvima nego što ih ima prirodno drvo.

U tablici 4 dat je pregled najvažnijih vrsta drveta koja se upotrebljavaju u brodogradnji. Kvalitet i osobine koje mora imati brodograđevno drvo određeni su propisima klasifikacionih društava. U nas postoje i tehnički uslovi Jugoslavenske ratne mornarice sa detaljnim propisima o brodograđevnom drvetu; oni obuhvataju: jelovinu (trupci, jarboli, tesane i piljene grede, daske, letve i blanžane daske), borovinu (trupci, jarboli, piljene grede, daske i palubne trenice), ariševinu (trupci, jarboli, piljene grede i daske), brijestovinu (trupci i daske), bukovinu (daske), lipovinu i javorovinu (daske).

Plastične mase. Nakon Drugog svjetskog rata naglo se je razvila industrija plastičnih masa i povećao se broj novih sintetičkih materijala najrazličitijih specifičnih svojstava. Zbog niza dobrih osobina plastične mase se u posljednje vrijeme sve više upotrebljavaju i u brodogradnji umjesto klasičnih brodograđevnih materijala: drveta i metala.

Danas postoji veliki broj plastičnih masa (v. *Plastične mase*), koje imaju različita mehanička svojstva, ali svim je plastičnim masama zajedničko da su dobri izolatori elektriciteta i topline, da su rezistentne prema kiselinama, lužinama i ostalim agresivnim supstancijama, da su nemagnetične, ne korodiraju, ne trunu niti ih napadaju crvi, insekti i gljivice, prikladne su za oblikovanje kompliciranih komada, a masovna proizvodnja predmeta od plastičnih masa je jeftina.

Pojedini plastični materijali su tvrdi i dovoljno čvrsti da mogu služiti za konstruktivne dijelove broda. Među takve materijale spadaju poliesterske i epoksidne smole, koje pojačane staklenim vlaknima služe za izradbu brodskog trupa. Danas se već masovno proizvode čamci i jahte sa trupom od tih smola pojačanih staklenim nitima, a postojeći tehnološki postupci omogućavaju da se na taj način grade brodski trupovi do 40 m dužine. Prednosti trupa od plastične mase jesu: što je čitav trup izrađen u jednom komadu pa je nepropusnost bolja nego kad je konstrukcija trupa sastavljena od nekoliko komada; što u morskoj vodi trup od plastične mase ne korodira, ne trune, manje ga obrastu školjke i alge, a obrastao trup se lakše očisti, ne napada ga brodotočac; lakši je nego drveni ili čelični trup iste čvrstoće, a s obzirom na toplinsku izolaciju je bolji od metalnog trupa; nije zapaljiv; troškovi održavanja su niski jer bojadisanje nije potrebno, a oštećenja trupa popravljaju se relativno lako i jednostavnim sredstvima. Pojačani poliestar od kojeg se izrađuje brodski trup i različiti dijelovi brodske opreme, kao npr. vrata, okviri brodskih prozora, pokrovi, tankovi itd., ima vlačnu čvrstoću $7\cdots 10 \text{ kp/mm}^2$, čvrstoću savijanja $13\cdots 15 \text{ kp/mm}^2$, tlačnu čvrstoću $18\cdots 20 \text{ kp/mm}^2$ i modul elastičnosti $0,7\cdots 10^4 \text{ kp/mm}^2$.

Važna je primjena različitih plastičnih masa za izradu dijelova opreme broda. U brodskim električkim instalacijama od plastičnih se masa izrađuju razvodne kutije, utičnice, sklopke, električke izolacije, obloge kablova itd. Cijevi od polivinil-klorida služe za ventilacijske vodove, vodove hladne vode, kao doglasne cijevi, rukohvati itd., a od ploča se izrađuju pregradni zidovi, tankovi, spremnici i sl. Polivinilnim folijama i pločama oblažu se podovi i zidovi nastambi. Spužvaste i pjenaste plastične mase (Iporka, Onazot, Stiropor) upotrebljavaju se za zvučnu i toplinsku izolaciju brodskih prostorija. Tvrdne plastične mase služe za izradu zupčanika i kao košuljice u ležajima osovine. Od poliamidnih smola (Nylona i Perlona) se izrađuju užeta za privez broda. Nadalje, u brodogradnji se različite vrste plastičnih masa upotrebljavaju za izradbu namještaja kabina i salona, sanitarnih uređaja, fleksibilnih cijevi za gorivo, brtvi za benzinske tankove, nepromočivih pokrivača i velikog broja drugih najraznovrsnijih predmeta.

Cement. U izuzetnim slučajevima trup broda se gradi i od armiranog betona. To se dešava obično za vrijeme rata kad je teško doći do čelika ili kad je čelik potrebniji za druge svrhe. Od armiranog betona se osim brodova grade i veliki plutajući objekti koji u eksploataciji plove rijetko ili nikako, kao što su: plivajući dokovi, brodovi-radionice i brodovi-skladišta.

Prednosti su armirano-betonske konstrukcije brodskog trupa u odnosu na običnu: niža cijena, znatno niži troškovi održavanja i duži vijek trajanja. Nedostaci su brodskog trupa od armiranog

betona što im je težina od 50 do 80% veća nego čeličnog trupa i što je armirano-betonska konstrukcija neelastična pa ne odgovara za brodove koji moraju ploviti po većim valovima.

KONSTRUKCIJA BRODA

Pod nazivom »konstrukcija broda« razumijeva se strukturni sastav brodskog trupa, tj. oblik, dimenzije, raspored i način spajanja građevnih dijelova broda.

Usporedo s razvojem nauke i tehnologije mijenjala se je i usavršavala konstrukcija broda. Usvajanje novih tehnoloških postupaka, uvođenje novih građevnih materijala, novi sistemi brodskog pogona, nova saznanja na području primijenjene hidrodinamike i nauke o čvrstoći, sve složeniji i veći zahtjevi koje su brodovi morali zadovoljavati, imali su za posljedicu da se je u posljednjih sto godina brodske konstrukcija znatno usavršila. U ovom poglavlju obrađena je konstrukcija morskih čeličnih trgovačkih brodova, konstrukcija je drvenih brodova prikazana u slijedećem poglavlju, a specifična konstruktivna rješenja pojedinih specijalnih tipova brodova opisana su u odgovarajućim člancima o tim brodovima (v. *Brodovi, specijalni, Brodovi unutrašnje plovidbe, Ratni brod*).

Glavni konstruktivni dijelovi broda, njihov oblik i raspored na brodu vide se iz sl. 1 i 2. U konstruktivnim nacrtima brodskog trupa pregled osnovnih građevnih dijelova broda daje se nacrtom glavnog rebra. Taj nacrt prikazuje poprečni presjek trupa na sredini broda i na njemu su naznačene dimenzije osnovnih građevnih dijelova. Uobičajeno je da se u opisu unesu nazivi i dimenzije i onih osnovnih građevnih dijelova broda koji u nacrtu nisu prikazani (sl. 3).

Građevni dijelovi broda mogu se podijeliti u tri grupe: nosive konstruktivne strukturne dijelove, građevne dijelove koji osiguravaju nepropusnost i ostale dijelove koji služe za različite svrhe.

Sa stanovišta čvrstoće može se brod promatrati kao nosač na koji za vrijeme mirnog plutanja ili za vrijeme plovidbe djeluju statičke i dinamičke sile, i to poprečno i uzdužno. Zato trup broda ima poprečne i uzdužne konstruktivne dijelove koji se suprotstavljaju djelovanju tih sila. Konstrukcija u kojoj izrazito prevladavaju poprečni građevni dijelovi naziva se *poprečnom* a ona u kojoj prevladavaju uzdužni građevni dijelovi naziva se *uzdužnom*.

Na drvenim brodovima mogu se jednostavnije i lakše izvesti spojevi kratkih građevnih dijelova, a to su poprečni; stoga se u njihovoj gradnji primjenjuje poprečni sistem gradnje. Čelični brodovi su se počeli graditi uglavnom na isti način kao drveni, tj. poprečnim sistemom, a uzdužni sistem se je uveo tek kasnije.

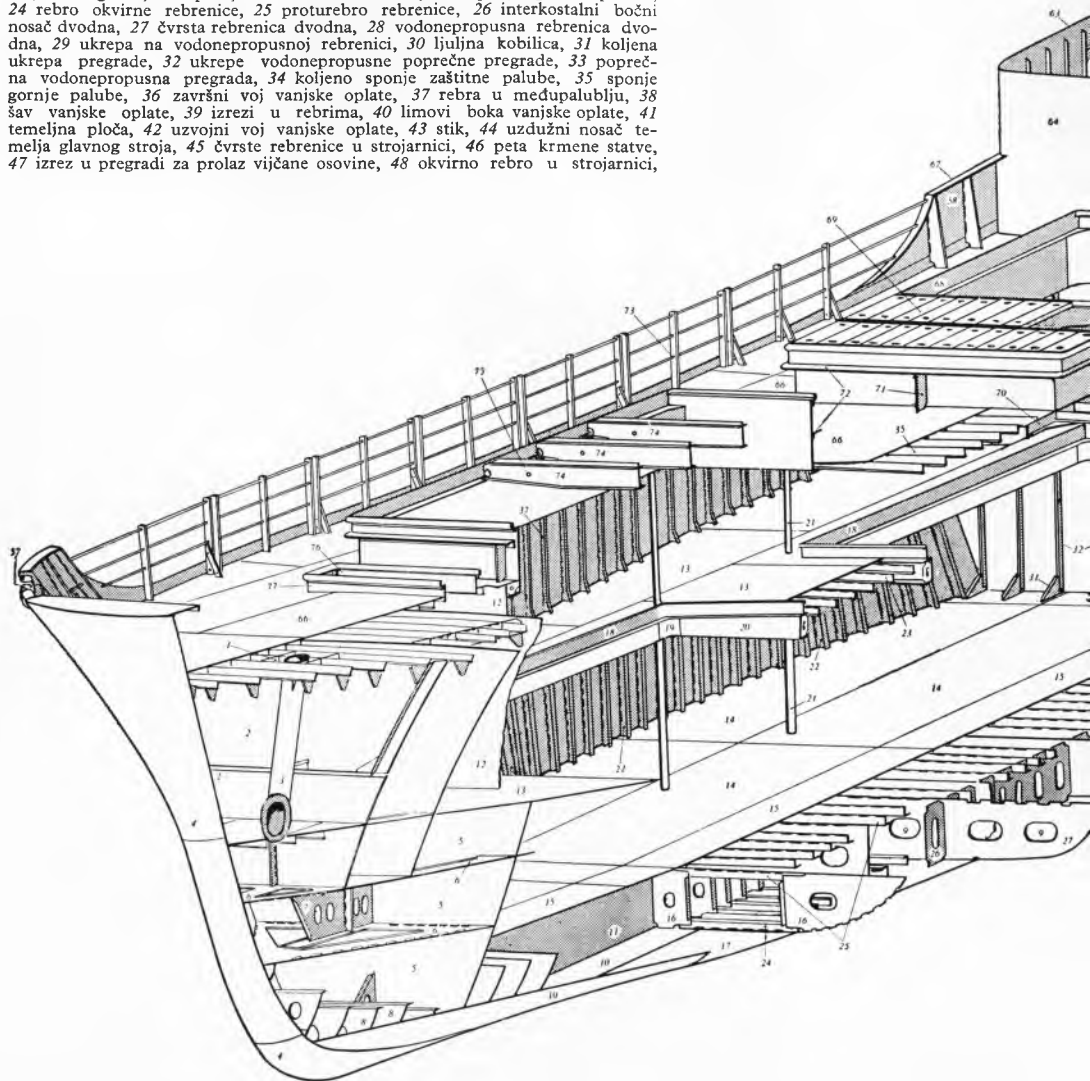
Osnovna karakteristika poprečnog sistema gradnje čeličnih brodova su poprečna rebra koja čine konstruktivnu podlogu za pričvršćenje vanjske nepropusne oplata. Uzdužnu čvrstoću broda uglavnom osiguravaju: kobilica, hrptenica ili pasmo, bočni uzdužni nosači, bočne proveze, palubne proveze i podveze, oplata dna, neprekinuta oplata paluba, oplata pokrova dvodna i dijelom oplata boka u zonama udaljenim od neutralne osi.

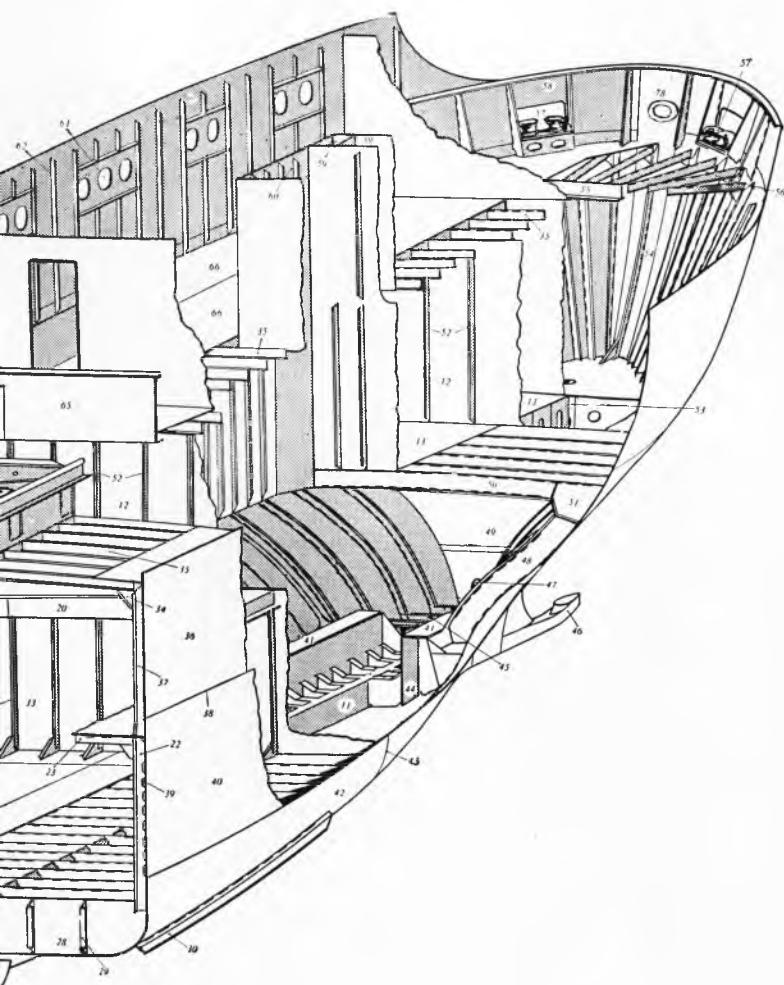
Djelovanju poprečnih sila suprotstavljaju se poprečni građevni dijelovi konstrukcije: rebrenice, bočna rebra i sponje, koji obrazuju zatvorene okvire, a naročito poprečne pregrade i njihove horizontalne ukrepe. Za povećanje poprečne čvrstoće ugrađuju se i prostorne sponje.

Osnovna je karakteristika uzdužnog sistema da su rebra koja ukraćuju dno, pokrov dvodna, vanjska oplata i sponje palube postavljena paralelno s uzdužnom osi broda. Na poprečnim pregradama moraju se uzdužna rebra i uzdužne sponje dobro pričvrstiti ili upeti. Ako bi uzdužna rebra nepoduprto tekla od jedne poprečne pregrade do druge, ona bi morala biti jaka, tj. visoka, i prema tome teška. Da se to izbjegne, primjenjuju se tzv. okvirna poprečna rebra o koja se uzdužna rebra podupiru. Okvirna rebra se sastoje od rebra, rebrenice i proturebra (po pravilu dvostruke prirubnice). Sponja može biti također okvirna i s okvirnim rebrom može obrazovati potpuno zatvoreni okvirni nosač.

Da bi se iskoristile prednosti jednog i drugog sistema gradnje, može se primijeniti *kombinirani sistem*; uzdužnim sistemom je izvedeno dno, a poprečnim bokovi broda. Postoji i drugi način da se uzdužni i poprečni sistem kombiniraju, zvan *mješoviti sistem*. Na pramcu i na krmi, gdje se forma broda naglo mijenja, teško

Sl. 1. Struktura brodskog trupa. 1 ukrčenje palube u području sidrene cijevi, 2 pregrada lančanika, 3 sidrena cijev s prstenom na oplati, 4 pramčana statva, 5 pramčana sudarna pregrada, 6 bočne proveze pramčanog pika, 8 rebrenice pramčanog pika, 9 provlaka na čvrstoj rebrenici dvodna, 10 limovi kobilice, 11 hrptenica, 12 poprečne pregrade međupalublja, 13 limovi opločenja glavne palube, 14 limovi opločenja dvodna, 15 središnji lim pokrova dvodna, 16 koljena okvirnih rebrenica dvodna, 17 dokobilični voj, 18 praznica teretnog grotla donje palube, 19 teretno grotlo donje palube, 20 pojačane sponje na krajevima grotla, 21 upora, 22 rebra u skladištu, 23 sponje glavne palube, 24 rebro okvirne rebrenice, 25 proturebro rebrenice, 26 interkostalni bočni nosač dvodna, 27 čvrsta rebrenica dvodna, 28 vodonepropusna rebrenica dvodna, 29 ukrepa na vodonepropusnoj rebrenici, 30 ljuljina kobilica, 31 koljena ukrepa pregrade, 32 ukrepe vodonepropusne poprečne pregrade, 33 poprečna vodonepropusna pregrada, 34 koljeno sponje zaštitne palube, 35 sponje gornje palube, 36 završni voj vanjske oplate, 37 rebra u međupalublju, 38 šav vanjske oplate, 39 izrezi u rebrima, 40 limovi boka vanjske oplate, 41 temeljna ploča, 42 uzvojni voj vanjske oplate, 43 stik, 44 uzdužni nosač temelja glavnog stroja, 45 čvrste rebrenice u strojarnici, 46 peta krmene statve, 47 izrez u pregradi za prolaz vijčane osovine, 48 okvirno rebro u strojarnici,





49 krmena sudarna pregrada, 50 okvirna sponja, 51 koljeno okvirnog rebra, 52 ukrepe poprečne pregrade međupalublja, 53 cijev osovine kormila, 54 krmena statva, 55 pojačana sponja krmce, 56 sponje krmene strukture, 57 valjkaste zjevače na pramcu i krmu, 58 linica s ukrepama, 59 ventilacioni kanal grotna strojarnice, 60 grotno strojarnice s ukrepama, 61 izrezi za bočna okna nadgrada, 62 ukrepe bočne stijene nadgrada, 63 bočna stijena nadgrada, 64 čeonu stijenu nadgrada s izrezom za vrata, 65 poprečna praznica teretnog grotna zaštitne palube, 66 limovi opločenja zaštitne palube, 67 profil ograde, 68 uzdužna praznica teretnog grotna zaštitne palube, 69 drveni poklopci teretnog grotna, 70 podgrednjak zaštitne palube, 71 vertikalna koljena praznice teretnog grotna zaštitne palube, 72 horizontalna ukrepa od buלב-profila teretnog grotna zaštitne palube, 73 stupci i prečke rešetkaste ograde boka, 74 pomične sponje teretnog grotna, 75 otvori za pričvršćenje pomičnih sponja kod prenošenja, 76 tonažno grotno, 77 praznica tonažnog grotna, 78 oko za privez na krmu

je izvesti konstrukciju prema uzdužnom sistemu. Zato se on upotrebljava samo u srednjem dijelu broda, gdje se forma ne mijenja, a na pramcu i krmi primjenjuje se poprečni sistem.

Neki dijelovi noseće konstrukcije trupa uklapaju se jedni u druge. Pri konstruiranju potrebno je odlučiti koji će dijelovi biti neprekinuti (kontinuirani), a koji umetnuti (interkostalni). Za neke građevne dijelove klasifikaciona društva propisuju da moraju biti neprekinuti (npr. hrptenica).

Društva za klasifikaciju brodova. Danas se svi trgovački brodovi grade prema propisima društava za klasifikaciju brodova. Ta su društva nastala kao specijalizirane ustanove za procjenu kvaliteta brodske konstrukcije i sposobnosti broda da sigurno obavlja prijevoz. Na osnovu svjedodžbe koju je klasifikaciono društvo davalo brodu, osiguravajuća društva su preuzimala osiguranje broda i njegovog tereta.

Klasifikaciona društva su isprva samo kontrolirala i registrirala stanje pojedinih brodova. Kasnije su te ustanove proširile djelokrug rada pa su propisivale dimenzije konstruktivnih dijelova trupa, sidara, lanaca, strojnih uređaja itd. Danas klasifikaciona društva, osim spomenutog, propisuju vrste i kakvoću materijala koji se upotrebljava za gradnju broda, vrše nadzor nad gradnjom trupa, strojeva i uređaja, preuzimaju opremu i materijal za gradnju brodova, određuju nadvođe broda itd.

Brodu građenom prema propisima nekog klasifikacionog društva to društvo, po završetku gradnje i uspješno završenoj pokusnoj vožnji, daje «klasu» i svjedodžbu o gradnji broda (atest). Na atestu su vidljivo istaknute posebne oznake (simboli) koje označuju niz osobina broda, način nadzora i kakvoću izgrađenog broda.

Čelični brodovi izgrađeni prema propisima klasifikacionog društva imaju klasu tako dugo dok se pri godišnjim i periodskim pregledima ustanovljuje da su sposobni za siguran prijevoz suhog, pokvarljivog ili nekog drugog tereta.

Klasifikaciona društva daju ateste i za konstrukcijske materijale i pojedine uređaje broda (limove, profile, glavne strojeve, pomoćne strojeve itd.) koje su njihovi eksperti kontrolirali i preuzeli u tvornicama-isporučiocima brodograđevnog materijala ili strojeva.

Prvo klasifikaciono društvo, Lloyd's Register of Shipping, osnovano je 1760 u Londonu. Nakon tog vremena pa do danas osnovano je u raznim pomorskim zemljama još nekih tridesetak klasifikacionih društava, ali sva više ne postoje jer su ili prestala djelovati ili su se međusobno spojila. Najvažnija društva za klasifikaciju brodova koja danas postoje navedena su u ovoj tablici:

God. osnivanja	Naziv društva i kratica	Sjedište
1760	Lloyd's Register of Shipping, L. R.	London
1828	Bureau Veritas, B. V.	Paris
1861	Registro Italiano, R. I.	Roma
1864	Det Norske Veritas, N. V.	Oslo
1867	Germanischer Lloyd, G. L.	Hamburg
1896	American Bureau of Shipping, A. B. S.	New York
1899	Nippon Kaiji Kyokai	Tokio
1926	Морской Регистр СССР, P. C.	Lenjingrad
1946	Polski Rejestr Statków	Gdansk
1950	Jugoslavenski registar brodova, J. R. B.	Split

Svako društvo za klasifikaciju brodova ima vlastite propise za gradnju broda i vlastite oznake kojima su u atestu označene najvažnije činjenice o brodu. Te se oznake mogu podijeliti uglavnom u tri grupe. U prvu grupu spadaju oznake koje pokazuju da li je brod građen potpuno u skladu s propisima društva ili ima nekih odstupanja od propisa, kakvo je stanje građevnih dijelova broda, brodske opreme i pogonskih uređaja itd. Druga grupa oznaka pokazuje namjenu broda, tj. za prijevoz kojih posebnih vrsta tereta služi brod (suhi teret, rasuti teret, tekući teret, meso, voće itd.), da li je brod određen za obavljanje nekih specijalnih poslova (ribarski brod, tegljač, gliboder, itd.) i dali je brod predviđen samo za plovību na jednoj određenoj pomorskoj ruti (npr. Rijeka-Buenos Aires). Oznake treće grupe pokazuju kako i u kojem opsegu su stručnjaci klasifikacionog društva nadzirali građenje broda.

Na primjer, u oznaci klase Lloyd's Registra: « 100 A1-ore carrier» malteški križ znači da je brod 'građen pod stalnim nadzorom stručnjaka društva, simbol 100 A1 kazuje da je brod sagrađen (100 A) i opremljen (1) potpuno u skladu s propisima

društva, a na posljednjem mjestu je oznaka specijalne namjene broda: «ore carrier» znači brod za prijevoz rude.

Propisi klasifikacionih društava. Jedan od osnovnih poslova klasifikacionih društava jest da sastavljaju i stalno usavršavaju propise o gradnji broda. Propisi određuju dimenzije građevnih dijelova i vrste materijala za gradnju trupa u ovisnosti o tzv. numeralsima, koji su ili glavne dimenzije broda ili neka kombinacija tih glavnih dimenzija (umnošci, omjeri itd.). Između definicija glavnih dimenzija: dužine, širine, bočne visine i gaza broda, postoje u propisima raznih klasifikacionih društava izvjesne minimalne razlike. Propisi klasifikacionih društava za dimenzije građevnih dijelova broda uglavnom se sastoje od sistematski sredenih tablica iz kojih se za određene numerale (tj. za odabrane glavne dimenzije broda) očitaju ili odrede interpoliranjem dimenzije građevnih dijelova. Klasifikaciona društva u novije vrijeme prelaze sve više na određivanje profila njegovim momentom otpora, a izbor oblika profila koji tome odgovara prepuštaju konstrukteru.

Za određivanje uzdužnih građevnih dijelova prema propisima svih klasifikacionih društava redovito su mjerodavni dužina i visina broda, a za određivanje poprečnih građevnih dijelova širina, visina i gaz broda.

Numeralsi o kojima ovise dimenzije pojedinih dijelova brodske konstrukcije vrlo različito su definirani u propisima raznih klasifikacionih društava. Tako npr. numerals za dimenzije rebara prema propisima Lloyd's Registra i Registra SSSR je bočna visina H , prema propisima Norske Veritasa taj numerals ima ovaj oblik: $T(2,95 - L/1000)$, tj. kombinacija je gaza i dužine broda, a prema propisima American Bureau of Shipping numerals za dimenzije rebara je sastavljen od bočne visine i nekih faktora ovisnih o tipu broda. Slično je i sa numeralsima za ostale građevne dijelove broda. Ipak, usprkos tih razlika u definiciji numeralsa, dimenzije građevnih dijelova određene prema različitim propisima i različito definiranim numeralsima znatnije se ne razlikuju.

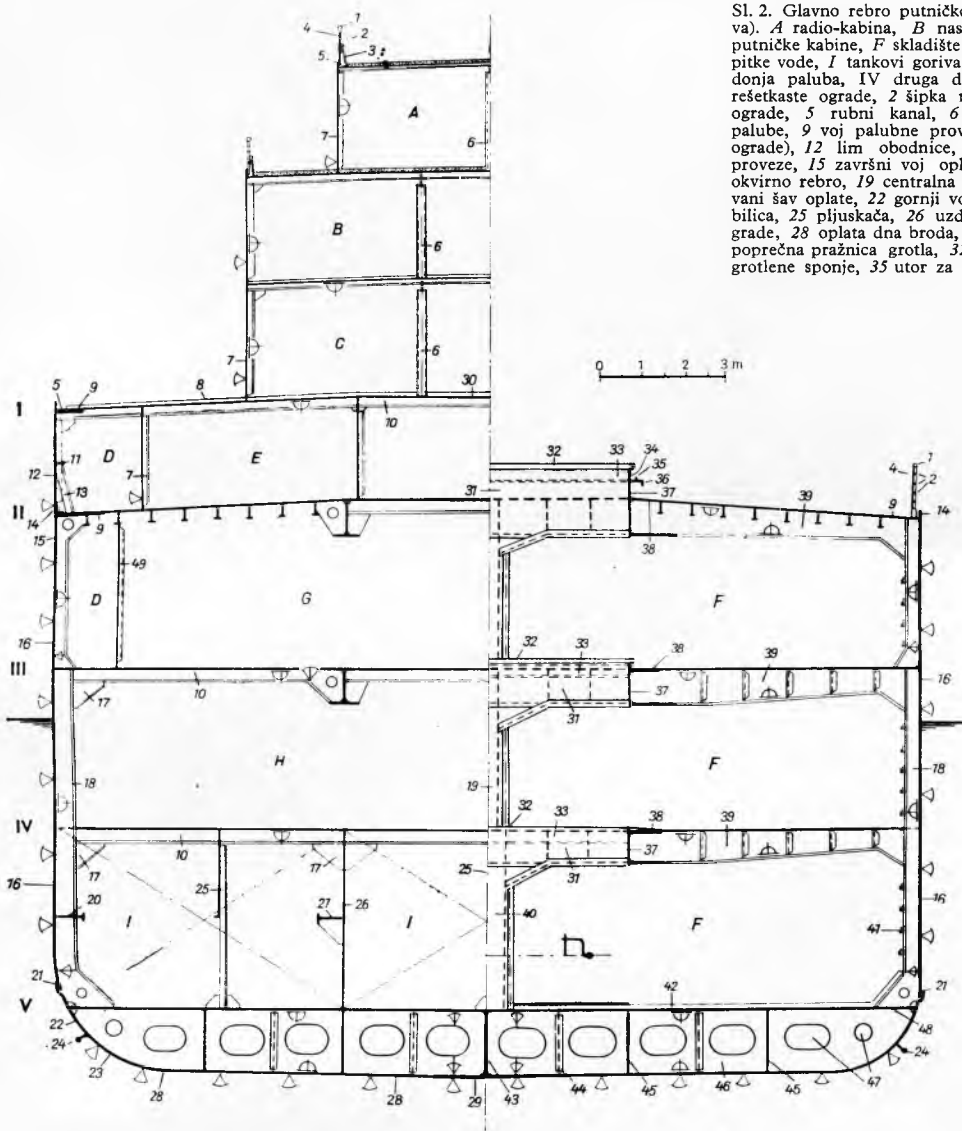
Jugoslavenski registar brodova još nije izdao sve propise za gradnju brodova. Do sada su izašli ovi propisi: Nadzor nad parnim kotlovima i posudama pod pritiskom 1952, Jugoslavensko nadvođe 1952, Klasifikacija i gradnja drvenih brodova 1952, Propisi za gradnju brodsko-mašinskih postrojenja 1953, Propisi o kolaudaciji materijala 1953, Propisi o gradnji čamaca za spašavanje, o uređajima za njihovo dizanje i spuštanje, te o gradnji električnih uređaja na brodovima 1960 i 1964.

Spajanje građevnih dijelova broda. Građevni dijelovi broda mogu se spojiti zakivanjem i zavarivanjem. Danas se u brodogradnji sve više primjenjuje električno zavarivanje, jer u usporedbi sa zakivanjem ono ima značajne prednosti.

Glavna je prednost električkog zavarivanja velika ušteda na materijalu i težini broskog trupa. Zavarena brodska konstrukcija je 15-25% lakša od zakivane jer otpadaju preklopljeni šavovi i stične ploče, uglovnice koje služe za spoj dvaju okomito postavljenih limova, rubne uglovnice pregrada, uglovnice završnog lima dvodna, pa čak — u posebno izvedenoj konstrukciji — i uglovnice palubnih proveza itd., tj. otpadaju sve one uglovnice koje služe za spajanje ili osiguravaju nepropusnost spoja. Naročito se ušteda postiže na brodovima za prijevoz tekućih goriva (tankerima), jer zakivana konstrukcija, radi nepropusnosti spojeva, mora imati zakovice gušće i u više redova, a zavareni šav je već sam po sebi nepropustan.

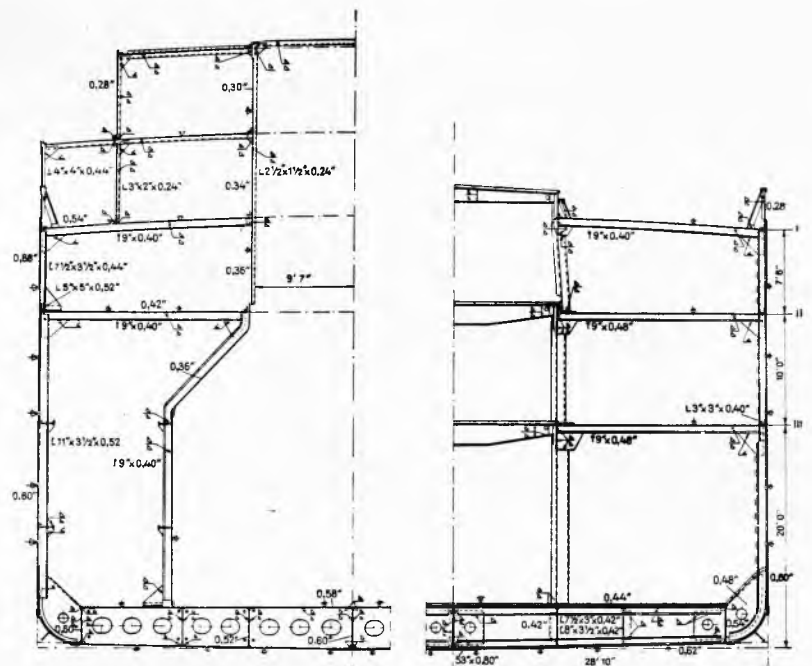
Ušteda se postiže i u izvedbi raznih ukrepa (poprečnih i uzdužnih rebara i sponja, ukrepa pregrada itd.). Kad se ukrepe zavare, stopalo profila se ne postavlja na lim (kao u zakovanoj konstrukciji), nego na suprotnu stranu, pa tako profil — koji je gotovo uvijek nepravilna uglovnica ili plosni čelik s bulbom — s odgovarajućim dijelom lima čini nosač većeg momenta otpora, čija se neutralna os primiče sredini visine profila, pa su površine presjeka s obzirom na neutralnu os jednomjernije i bolje raspoređene.

Zavarenom konstrukcijom krupnih dijelova trupa broda, kao što su prednja i stražnja statva, ždrijela za sidra, pojačanja raznih otvora itd., također se postiže ušteda na težini. Takvi dijelovi su se ranije izrađivali od ljevenog čelika, a varenjem se izvode od debelih ravni ili zakrivljenih limova i eventualno dodatnih kovanih ili ljevenih debljih dijelova. Zavarena konstrukcija — uz dobru tehnološku pripremu i odgovarajuću organizaciju rada — zahtijeva manje radne snage i radnog vremena nego zakovana, a omogućava djelomičnu automatizaciju brodograđevne proizvodnje.

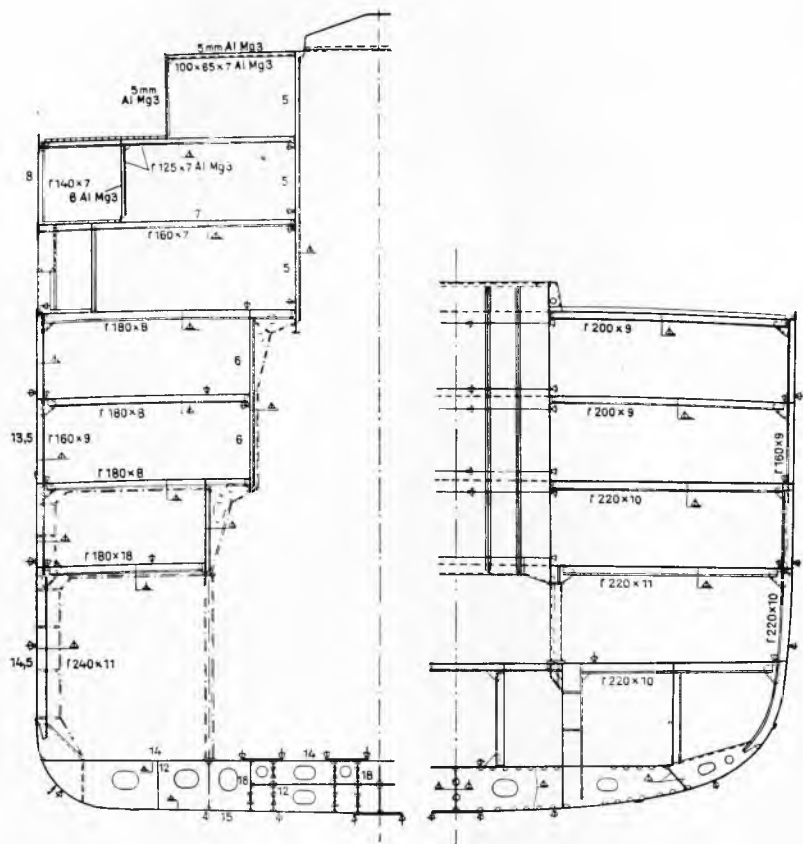


Sl. 2. Glavno rebro putničko-teretnog broda (s nazivima građevnih dijelova). A radio-kabina, B nastambe oficira, C blagovaonica, D hodnik, E putničke kabine, F skladište tereta, G hladeno skladište tereta, H tankovi pitke vode, I tankovi goriva; I paluba čamaca, II gornja paluba, III prva donja paluba, IV druga donja paluba, V pokrov dvodna; 1 rukohvat rešetkaste ograde, 2 šipka rešetkaste ograde, 3 potporanj ograde, 4 stup ograde, 5 rubni kanal, 6 upora palube, 7 zid nadgrada, 8 obloga palube, 9 voj palubne proveze, 10 sponja, 11 rukohvat obodnice (pune ograde), 12 lim obodnice, 13 potporanj obodnice, 14 uglovnica palubne proveze, 15 završni voj oplata, 16 oplata bokova broda, 17 koljeno, 18 okvirno rebro, 19 centralna uzdužna pregrada, 20 bočna proveza, 21 zakovani šav oplata, 22 gornji voj uzvoja, 23 donji voj uzvoja, 24 ljučna kobilica, 25 pljuskača, 26 uzdužna pregrada tanka, 27 proveza uzdužne pregrade, 28 oplata dna broda, 29 plosna kobilica, 30 obloga poda (litosil), 31 poprečna praznica grotla, 32 pokrov grotla, 33 grotlena sponja, 34 ležaj grotlene sponje, 35 utor za klin kojim se pričvrsti pokrivač pokrova grotla, 36 horizontalno ukrepljenje praznice, 37 uzdužna praznica grotla, 38 podvostručenje lima, 39 polusponja, 40 upora praznice grotla, 41 unutarnja obloga skladišta, 42 drvena obloga poda skladišta, 43 hrptenica, 44 vertikalna ukrepa, 45 interkostalni bočni nosač, 46 rebrenica, 47 rupe za olakšanje, 48 završna ploča, 49 laki pregradni zid

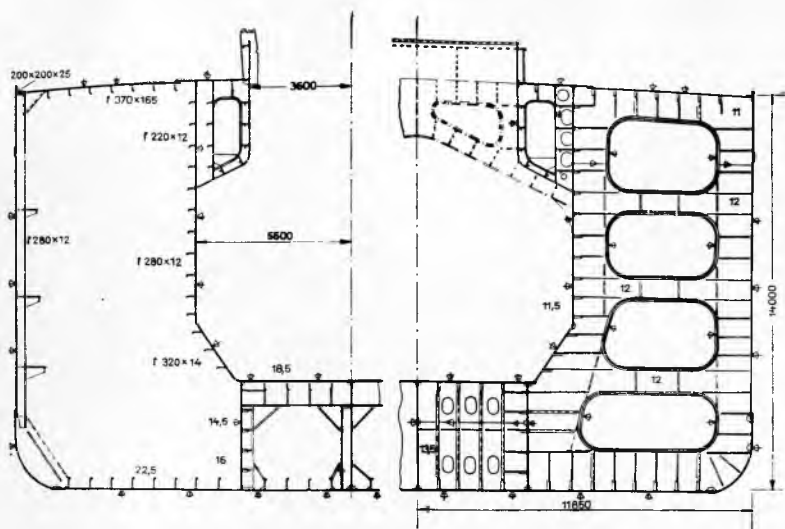
Sl. 3. Glavna rebra trgovačkih brodova. Na ovoj stranici i na slijedećima prikazani su nacrti glavnih rebara nekoliko teretnih i putničkih brodova različitih tipova i veličina. Svi su prikazani brodovi zavarane konstrukcije. Na svakom nacrtu dat je poprečni presjek kroz prostor za teret (odnosno za putnike) i kroz strojarnicu. Označene su dimenzije samo za glavne građevne dijelove trupa. Tipičan nacrt glavnog rebara trgovačkog broda, sa svim detaljima i podacima potrebnim za izradu radioničkih nacрта građevnih dijelova brodskog trupa, v. u poglavlju Projektiranje broda ovog članka.



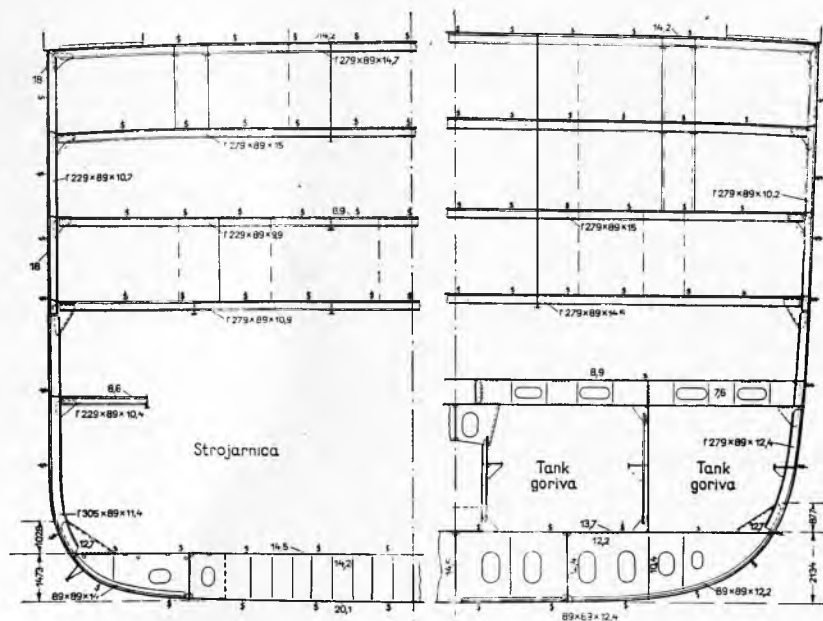
Glavno rebro teretnog broda od 9000 t DW



Putničko-teretni brod od 8809 BRT («Akdeniz»)

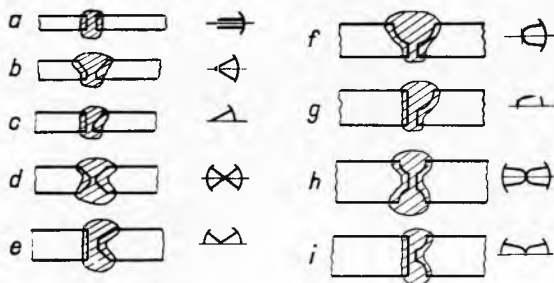


Brod za prijevoz rude-tanker od 18 000 BRT



Putnički brod od 18 750 BRT »Bergens fjord«

Spajanje građevnih dijelova broda električkim zavarivanjem. U brodogradnji se od svih vrsta čeonog vara (sl. 4) najviše primjenjuju I-var, V-var i X-var. Sve se više upotrebljavaju tzv. elektrode duboke penetracije, koje omogućavaju zavarivanje I-va-rom limova debelih do 19 mm. Takvo je zavarivanje jeftinije jer rubove limova ne treba posebno obrađivati i jer je utrošak elektroda manji.



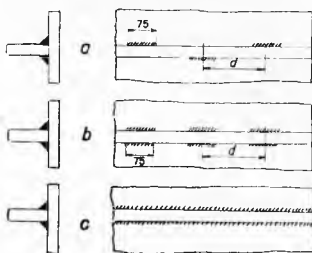
Sl. 4. Vrste čeonog vara i njihove oznake prema JUS C. T3. 011.
a I-var, b V-var, c 1/2 V-var, d X-var, e K-var, f U-var, g J-var,
h dvostruki U-var, i dvostruki J-var

U brodogradnji se prekrivanje kod čeonog vara primjenjuje uglavnom da se isprave razlike koje nastaju u montaži, pri čemu se nastoji da prekrivanje bude što manje.

Prelaz s jednog lima na drugi kod čeonog vara treba da bude ravan (bez stepenice). U težim uslovima montaže, gdje se to ne može postići, dozvoljavaju se manje razlike u visini. Čeonim varenim spojem mogu se spojiti dva lima različite debljine, bez skošavanja debljeg lima,



Sl. 5. Skošanje debljeg lima kod čeonog vara s tanjim limom
 $L = (E - e) \times 4$

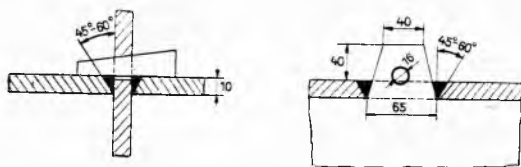


Sl. 6. Kutni var za pričvršćenje ukrepa.
a naizmjenice u lancu, b u lancu, c kontinuirano

ako razlika između njihovih debljina nije veća od 3 mm. Ako je razlika debljine veća, deblji lim se skošava prema sl. 5.

U brodogradnji se često primjenjuje također kutni var. Za pričvršćivanje ukrepa izvodi se na tri načina (sl. 7): naizmjenice u lancu, u lancu i kontinuirano. Presjek vara kod kutnog spoja zavisi od debljine tanjeg dijela koji se spaja.

Katkada se kutni var zbog nepristupačnog ili malog prostora ne može izvesti. U tom se slučaju, ako se radi o limu ukrepljenja, varení spoj izvede ozupčano. Vrhovi zuba prolaze kroz izbušene otvore lima koji se ukrepljuje, a izdanak zuba služi za pritezanje ukrepe uz lim (sl. 6). Nakon dovršenog zavarivanja izdanci zuba se odsjeku (npr. nakon zavarivanja limova kormila s dvije plohe).



Sl. 7. Primjer zavarivanja ozupčane ukrepe za lim debljine 10 mm

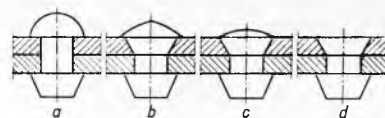
Čepni var se koristi samo ako se ne može primijeniti nijedan drugi. Rupa koja se ispunjuje po pravilu je duguljasta.

Spajanje građevnih dijelova broda zakivanjem. Iako se u brodogradnji sve više primjenjuje električno zavarivanje kao način spajanja, ipak se katkada upotrebljava i zakivanje. Građevni dijelovi broda se spajaju zakivanjem kad je električno zavarivanje teško ili nemoguće izvesti, kad se želi dobiti elastičniji spoj, ali i kad se žele pri montaži kompenzirati razlike koje su s bilo kojeg razloga nastale (spoj palubne proveze sa završnim

vojem, spoj uzvojnog voja vanjske oplata sa dnom i bocom broda itd.).

Rupe za zakovice se mogu probijati (štancati) ili bušiti (svrdlati). Zbog razlika koje nastaju u montaži, često se rupe probijaju ili buše sa 2...3 mm manjim promjerom, a prije zakivanja se razvrtčima prošire na potrebnu dimenziju. Promjer rupe u koju dolazi usijana zakovica je nešto veći (5...10%) od promjera hladne zakovice.

U brodogradnji se primjenjuje više tipova zakovica (sl. 8). Najčešće se upotrebljavaju zakovice tipa d. Šavovi i stikovi vanjskog oploča zakivaju se zakovicom tog tipa jer je formirana glava zakovice potpuno upuštena u lim. Ako spoj ne mora biti gladak, primjenjuje se zakovica tipa a ili b. Tip c primjenjuje se kod hidrauličkog zakivanja.

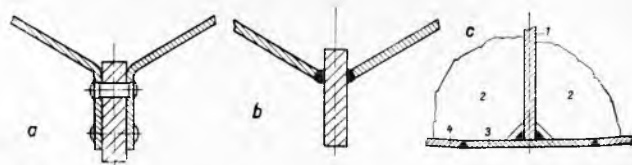


Sl. 8. Tipovi zakovica

Težina zakovica iznosi 5...7% težine zakovane strukture broda (limova i profila). To ne znači da je i trup broda toliko teži, jer treba odbiti dio struka zakovice koji je u rupi lima ili profila, pa se težina trupa zbog glava zakovica povećava za 2,5...3,5%.

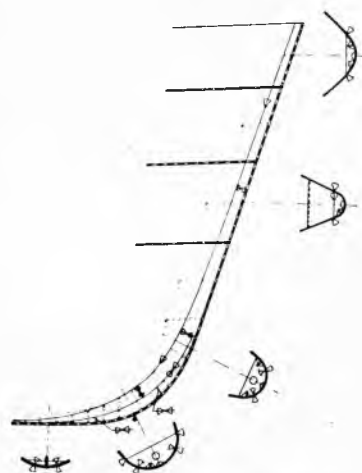
Zakovice se postavljaju u razmaku jednakom 3,5...7 njihovih promjera d. Tamo gdje spojevi treba da budu nepropusni, razmak zakovica je manji: 3,5...4,5 d (3,5 d kod nepropusnih spojeva na tankovima za tekuća goriva). Za spojeve čvrstoće ili ukrućenja razmak zakovica je 4,5...7 d. Poprečna rebra se zakivaju uz vanjsku oplatu s razmakom zakovica 6...7 d. Pod razmakom zakovica uvijek se razumijeva udaljenost središnjica dviju zakovica uzduž šava ili stika. Pri dvo- ili višerednom zakivanju razmak između redova zakovica, tj. poprečno na šav ili stik, manji je i na stiku iznosi 3,5 d, na stičnici 3 d, a na šavu 2,5 d.

Kobilica i statve. Kobilica je najniži dio broda i jedan od glavnih elemenata uzdužne čvrstoće (sl. 9). Manji brodovi imaju

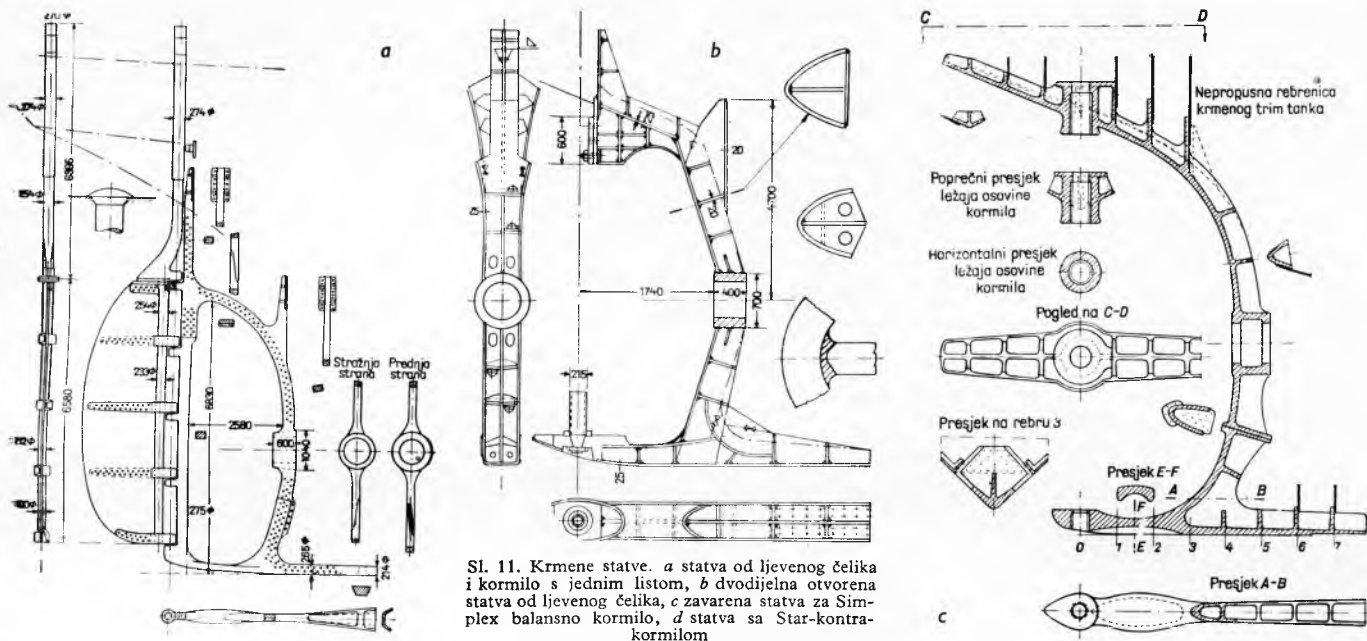


Sl. 9. Kobilice. a zakovana gredna kobilica, b zavarana gredna kobilica, c zavarana plosna kobilica
1 hrptenica, 2 rebrenica, 3 plosna kobilica, 4 dokobilčni voj oplata

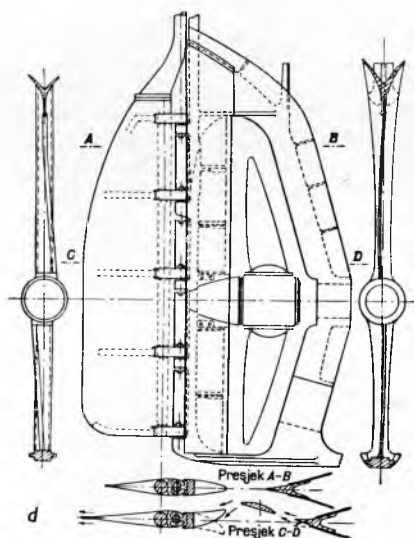
grednu kobilicu (sl. 9 a, b), a veći brodovi plosnu kobilicu (sl. 9 c). Iznimno neki specijalni brodovi, kao npr. ledolomci, iako su



Sl. 10. Pramčana statva od limova



Sl. 11. Krmene statve. a statva od ljevenog čelika i kormilo s jednim listom, b dvodijelna otvorena statva od ljevenog čelika, c zavarena statva za Simplex balansno kormilo, d statva sa Star-kontra-kormilom



11 a, c), a danas sve više statva je zavarene konstrukcije (sl. 11 b). Radi povoljnijeg pritjecanja vode vijku ponekad se izvodi tzv. kontra-statva s asimetričnim uzdužnim presjekom (sl. 11 d). Krmena statva mora imati dovoljno produžen kobilični krak, da bi se mogla dobro spojiti s prvim vojem plosne kobilice. Za spajanje s gornjim dijelom strukture krme broda statva ima vertikalne izdanke. Peta krmene statve je po pravilu lagano uzdignuta, da brod kad nasjedne pri dokovanju ili nasukanju ne ošteti statvu i kormilo. Stražnji masiv krmene statve zatvorenog tipa ima očnice za pričvršćenje kormila. Ako je krmena statva otvorenog tipa, onda dvije potrebne očnice (gornja i donja) moraju biti izrađene razmjerno jače. Očnice na statvi mogu da imaju košuljice od bronce, bijelog metala ili gvajakovine.

Jednostruko dno imaju manji čelični brodovi. Ono ima kao elemente poprečne i uzdužne čvrstoće rebrénice odn. pasma.

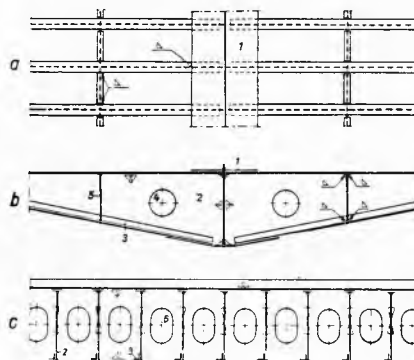
Rebrénica je vertikalni lim koji spaja rebro s proturebrom (sl. 12) a prostire se po dnu broda od jednog do drugog boka. Na krajevima broda rebrénice su povišene radi boljeg ukrućenja pramčanog i krmenog dijela broda. U krmenom piku rebrénice se katkada izvode do najdonje palube, odnosno do pokrova pika. Ukoliko je nagib dna broda velik (remorkeri, ribarski brodovi), može visina rebrénice biti u sredini broda veća od propisane. Rebrénica koja čini donju završnu ploču nepropusne pregrade mora biti dovoljno visoka da bi se mogla dobro spojiti s pregradom. Iznimno, rebrénica može biti prirubljena na gornjoj strani, tj. prirubnica služi mjesto proturebra, ali ni u kojem slučaju ne

veliki, mogu imati grednu kobilicu. U zakovanoj konstrukciji neugodan je spoj same gredne kobilice jer je njen presjek zbog zakovičnih rupa oslabljen. Zato se danas i na zakivanim brodovima spoj gredne kobilice zavaruje.

Plosna kobilica prelazi u prednju statvu pravokutnog presjeka. Ista veličina presjeka statve zadržava se do KVL, a pri vrhu se taj presjek postepeno smanjuje, obično za 25%. Plosna kobilica je onaj dio dna broda koji s hrptenicom čini uzdužni centralni nosač broda.

Prednja statva može biti masivna ili sastavljena od limova (sl. 10). Ako je prednja statva sastavljena od limova, debljina je savijenog lima statve do KVL 10% veća od debljine plosne kobilice, a od KVL prema vrhu se postepeno smanjuje, ali tako da lim ne bude tanji od susjednog voja vanjske oplata s kojim se spaja. Nadalje, prednja statva izrađena od lima ima poprečne ili horizontalne ukrepe u razmacima od ~ 1,5 m. Ako je zaobljenije prednje statve veliko, dobro je da se i po dužini, u simetrali statve, postavi lim za ukrućenje.

Krmena statva čini oslonac krmenom dijelu strukture broda. Oblik krmene statve ovisi o veličini broda i o broju propelera. Jedrenjaci i dvovijčani ili četverovijčani brodovi imaju statvu u obliku velikog slova L. Statva jednovijčanog broda može biti sa zatvorenim ili otvorenim otvorom za propeler (sl. 11). Krmena statva može biti zatvorenog ili otvorenog tipa, izrađena od ljevenog čelika u dva ili više komada spojenih zakivanjem (sl.

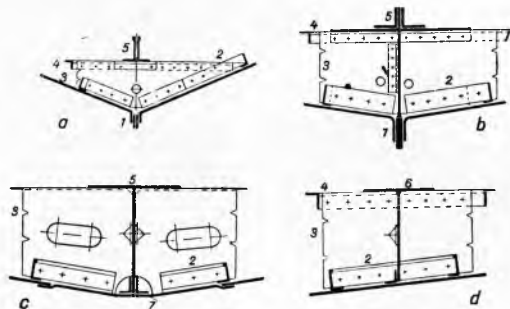


Sl. 12. Rebrénica, pasma i bočni nosači broda s jednostrukim dnom. a tlocrt, b poprečni presjek, c uzdužni presjek, 1 temeljna ploča, 2 rebrénica, 3 rebro, 4 rupa za olakšanje, 5 bočno pasmo (interkostalno), 6 provlaka

može biti prirubljena na donjoj strani i prirubnicom spojena s oplatom. Rebrénica je element poprečne čvrstoće, pa je klasi-

fikaciona društva propisuju prvenstveno u ovisnosti o širini broda. U donjim dijelovima rebrerice nalaze se otvori za protjecanje vode.

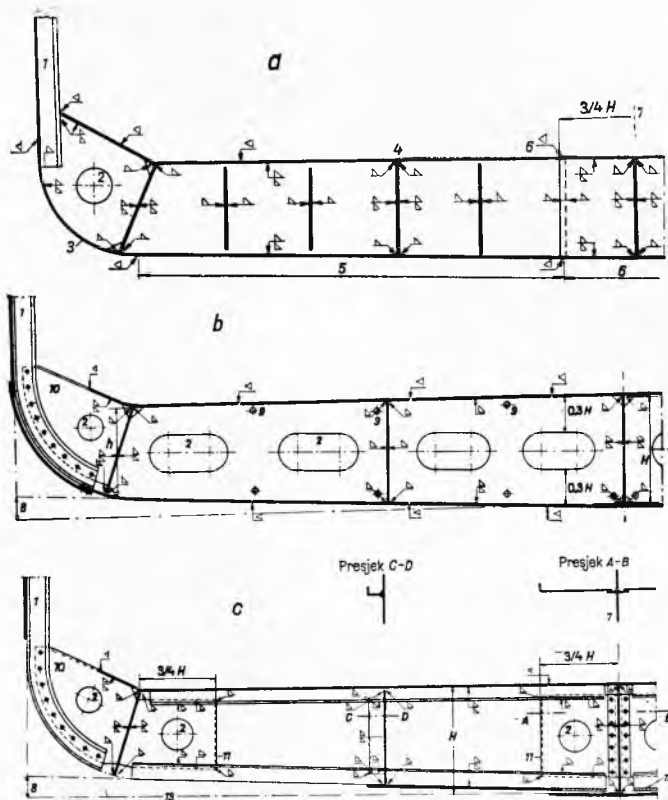
Pasmo je centralni uzdužni nosač u brodu bez dvodna, odnosno u predjelu broda gdje nema dvodna. Konstrukcija pasma može biti različita, kao što se vidi na sl. 13. Na manjim brodovima pasmo je položeno na rebrerice i nije neposredno vezano s kobilicom, a sastoji se od U-profila ili dvije međusobno spojene bulb-uglovnice. Na većim brodovima i na brodovima s plosnom kobilicom pasmo je horizontalna ploča ili dvostruka L-uglovnica iznad rebrerice, a s kobilicom ga veže vertikalni uzdužni lim. Vertikalni lim može biti kontinuiran a rebrerice dvodijelne, ili su rebrerice neprekinute a vertikalni lim je interkostalan. Pasma mora biti pričvršćeno za svaku rebrericu, a na rebrerici ispod pasma, osim proturebra, mora uglovnica na drugoj strani također biti spojena s pasmom. Ako je pasmo prekinuto na nepropusnoj pregradi, spoj pasma i pregrade mora biti izveden tako da se osigura uzdužna čvrstoća broda kao da pasmo nije prekinuto.



Sl. 13. Pasma. a) nepovezano s grednom kobilicom, b) povezano vertikalnim limom s grednom kobilicom, c) povezano vertikalnim limom s plosnom kobilicom, d) bočni nosač. 1 gredna kobilica, 2 rebro, 3 rebrerica, 4 proturebro, 5 pasmo, 6 bočna pasma, 7 plosna kobilica

Pasma je uzdužni element čvrstoće broda, pa ga klasifikacijska društva propisuju prvenstveno u ovisnosti o dužini broda.

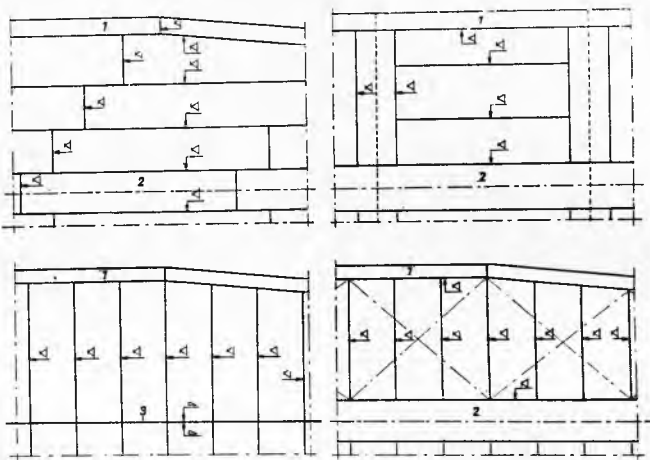
Na širim brodovima bez dvodna, paralelno sa pasmom postavljaju se i bočna pasma. Brodovi široki 6-9 m imaju sa svake



Sl. 14. Rebrerice u dvodnu. a) nepropusna rebrerica, b) čvrsta rebrerica, c) okvirna rebrerica. 1 rebro, 2 rupa za olakšanje, 3 uzvojni lim, 4 poprečni lim dvodna, 5 poprečni lim oplata, 6 uzdužni lim, 7 centralni nosač, 8 uspon dna, 9 rupa za zrak, 10 uzvojno koljeno, 11 prirubnica, 12 umetak, 13 osnovka

strane po jedno bočno pasmo, a brodovi širi od 9 m po dva bočna pasma. Jedan način konstruktivne izvedbe bočnog nosača (bočno pasmo + vertikalni lim) vidi se na sl. 13 d.

Dvodno. Dvodnom se nazivaju nepropusni prostori udnu broskog trupa. Zbog više razloga svi veći brodovi imaju dvodno. Mali



Sl. 15. Način raspoređivanja limova pokrova dvodna. 1 rubna ploča, 2 središnja uzdužna ploča, 3 centralni nosač

brodovi se po pravilu grade poprečnim sistemom gradnje, tj. s poprečnim rebrima, a bez dvodna.

Dvodno povećava sigurnost broda. U slučaju da se ošteti oplata dna broda i da ona počne propuštati vodu, ova može prodrijeti samo u jedan dio tankova dvodna a ne i u ostale brodske prostore, pa brod zadrži sposobnost plovljenja. Pritisci na dnu broda su najveći, pa je brodska konstrukcija u predjelu dna najopterećenija i najviše podvrgnuta naprezanjima. Čelijasta struktura dvodna je u pogledu čvrstoće najbolje konstruktivno rješenje.

Kad brod nema tereta, uvjeti stabiliteta često nisu povoljni, pa brod mora krcati balast da se snizi težište sistema broda. Kao balast služi morska voda ukrana u tankove dvodna. Osim toga tankovi dvodna se upotrebljavaju i za smještaj zaliha tekućeg goriva i slatke vode.

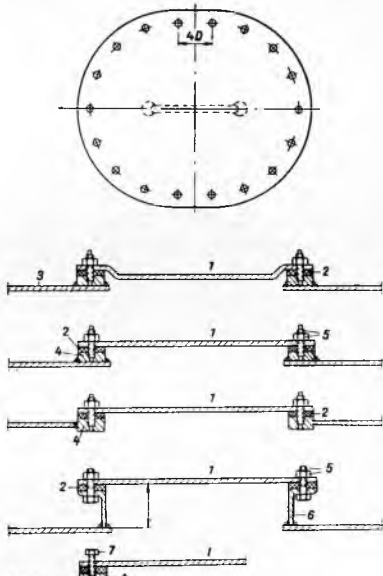
Strukturni dijelovi dvodna jesu: hrptenica, koja je glavni uzdužni nosač i odgovara srednjem pasmu na brodu bez dvodna; bočni nosači, koji odgovaraju bočnim pasmima na brodu bez dvodna; rebrerice; gornje oploče dvodna; završna ploča koja zatvara dvodno na bokovima broda; uzvojna koljena kojima su rebra vezana sa završnom pločom i rebrericama, lepeze koje ukrćuju konstrukciju dvodna povezujući gornju oplatu sa uzvojn timer koljenima.

Hrptenica je neprekinuta, a o rasporedu tankova dvodna ovisi da li je na pojedinim dijelovima broda i nepropusna. U samom pramcu i krmi hrptenica je propusna i ima otvore za olakšanje. Visina hrptenice je jednaka visini dvodna. **Bočni nosači** su interkostalni, a mogu biti jednako visoki kao dvodno ili niži od njega. Na mjestima velikih lokalnih opterećenja (ispod temelja strojeva i ispod odzivnih ležaja) bočni nosači su neprekinuti i jednako visoki kao dvodno. Bočni nosači redovno imaju otvore za olakšanje.

U strukturi dvodna primjenjuju se tri vrste **rebrerice** (sl. 14): nepropusne rebrerice, čvrste rebrerice s otvorima za olakšanje i lagane ili okvirne rebrerice. Nepropusne rebrerice u dvodnu dolaze ispod ili u blizini nepropusnih pregrada, a izvode se po pravilu sa debljinom za dva milimetra većom od propisane. Ako je visina nepropusnih rebrerica veća od 915 mm, one se pojačavaju ukrepama. Čvrste se rebrerice izvode u prostoru stroja i u prednjem dijelu broda na dužini od 0,25 L. Rebrerice ispod strojeva, kotlova, odzivnih ležaja itd. pojačavaju se za 1-2,5 mm, a na mjestima naročito velikih opterećenja izvode se po potrebi i lokalna pojačanja.

Okvirne rebrerice se izvode u skladišnim prostorima. Profili rebra i proturebra moraju također biti dobro vezani uz lim bočnog nosača. Da se smanji noseća dužina profila rebra i proturebra, umetku se vertikalni poduporni profili koji moraju biti dobro pričvršćeni za rebro i proturebro.

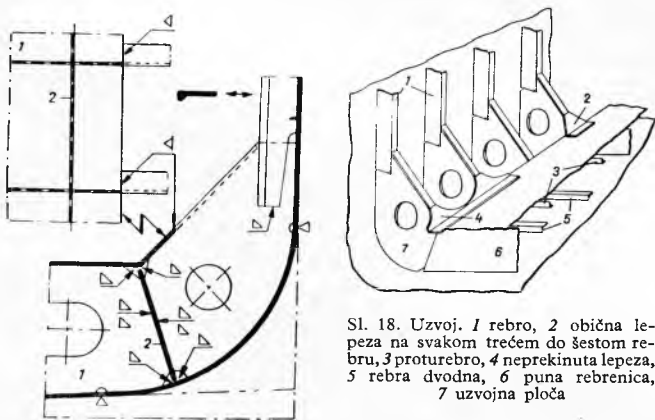
Na uzvoju broda dvodno završava *završnom pločom* koja na trgovačkim brodovima može biti postavljena ili koso prema dolje da bi okomito padala na uzvoj, ili horizontalno da bi horizontalna površina pokrova dvodna bila što veća (skladišta, strojni prostori), ili koso prema gore da bi i uzvoj broda bio uključen u dvodno (veliki putnički brodovi sjevernog Atlantika). Limovi *opločenja pokrova dvodna* raspoređeni su tako da je u simetriji broda postavljena središnja ploča pokrova dvodna, a ostale plo-



Sl. 16. Rješenje otvora za ulaz u dvodno. 1 poklopac, 2 brtva, 3 oplata dvodna, 4 čelični prsten-pojačanje otvora, 5 vijak s maticom, 6 uglovnica, 7 vijak

če postavljaju se uzdužno ili poprečno (sl. 15). Na brodovima manje širine može se izostaviti središnja uzdužna ploča dvodna, tj. dolaze samo poprečno postavljene ploče. Na pokrovu dvodna nalaze se otvori za pristup u dvodno; ti otvori imaju nepropusne poklopce (sl. 16).

Struktura dvodna se izvodi i po uzdužnom sistemu. U tom slučaju se čvrste rebrice postavljaju na većim razmacima i vežu sa uzdužnim rebrima na dnu i pokrovu dvodna. Između dvije okvirne rebrice uzdužno rebro na dnu dvodna i uzdužno rebro ispod pokrova dvodna međusobno su spojeni i poduprti profilima. Takva konstrukcija omogućava da dimenzije uzdužnih rebara budu osjetljivo manje nego kad rebra ne bi bila međusobno poduprta.



Sl. 17. Uzvojno koljeno. 1 rebrice, 2 rubna ploča

toga se izvan dvodna u produženju rebrice postavljaju *uzvojna koljena* (sl. 17), koja se u nastavku spajaju s bočnim rebrima. Uzvojna koljena su obično na gornjoj strani prirubljena, imaju otvor za olakšanje i u donjem dijelu rupu za prolaz kaljužne vode.

Konstrukcija prijelaza dvodna u bok broda mora biti izvedena naročito čvrsto. Zbog

Horizontalni dio oplata dvodna spaja se s prirubnicom uzvojnog koljena pomoću tzv. *lepeze*. Lepeza se postavlja na svako koljeno, svako drugo ili treće koljeno, ili se naprosto preko svih koljena, uz gornji dio završne ploče dvodna, postavi limena traka koja spaja uzvojna koljena s pokrovom dvodna (sl. 18).

Rebra, okvirna rebra i bočne proveze. Rebra su profili koji ukrćuju oplatu boka broda. U poprečnom sistemu gradnje broda rebra su spojena s jedne strane s rebricom dna izravno ili posredno preko uzvojnih koljena, a s druge strane sa sponjama palube, pa s rebricama i sponjama čine zatvorene okvire koji su važni elementi poprečne čvrstoće broda.

Klasifikaciona društva propisuju posebno dimenzije rebara ispod glavne palube, u međupalublju, u nadgradima i u pikovima, i to prvenstveno u ovisnosti o bočnoj visini i gazu broda.

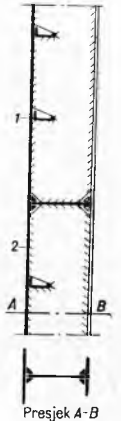
Razmaci rebara se po pravilu kreću između 550 i 1000 mm; u stražnjem i prednjem piku njihov se razmak ograničuje na ~ 600 mm.

Razlikuju se uglavnom tri vrste rebara: u prostoru za strojeve, u prostoru za krcanje tereta i u kolizijskim prostorima.

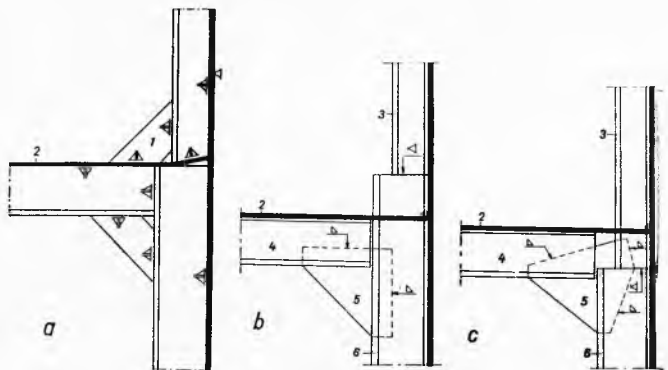
U prostoru za strojeve, osim običnih rebara izrađenih od jednog profila, dolaze gotovo uvijek i okvirna rebra koja poput rebrice imaju ploču i proturebro. Okvirna rebra bolje ukrćuju oplatu, naročito ako su još međusobno povezana bočnim provezama (horizontalnim vezama iste visine kao okvirna rebra sl. 19). U prostorima za krcanje suhog tereta okvirna rebra i bočne proveze smetaju, jer se teret ne može dobro složiti i jer se o te visoke profile oštećuje. Zbog toga se u skladištima postavljaju obična rebra s pojačanjem na vrhu hrpta.

U prednjem i stražnjem piku i uopće u užim dijelovima broda nema dovoljno prostora za okvirna rebra, pa se stavljaju samo bočne proveze radi boljeg ukrćenja brodske konstrukcije.

U međupalubama, gdje su visine manje, profili rebara su slabiji. Prijelazi s jačeg na slabiji profil izvode se prema sl. 20. Rebro,



Sl. 19. Okvirno rebro. 1 rebro, 2 oplata



Sl. 20. Prolaz rebara kroz palubu. a rješenje kad rebro ne prolazi kroz palubu, b i c prolaz rebara kroz palubu. 1 koljeno, 2 paluba, 3 nastavak rebara, 4 sponja, 5 koljeno, 6 rebro

može biti na palubi prekinuto i s palubom spojeno koljenom, ili profil rebara prolazi kroz palubu pa na palubi nema koljena.

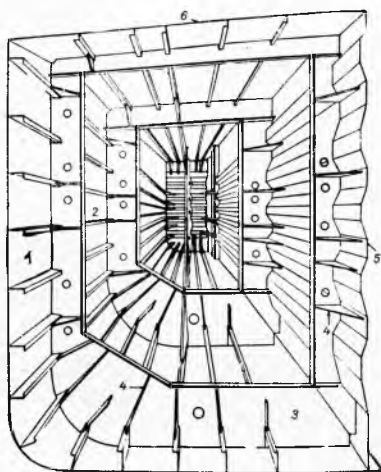
Na malim brodovima primjenjuju se različite posebne izvedbe poprečnih rebara radi uštede na težini trupa i radi jednostavnije montaže oplata, npr. lomljena rebra sa zgibom.

Uzdužna rebra, uzdužne sponje. Gradnjom broda po uzdužnom sistemu postiže se ~10% uštede na težini konstrukcije. Uzdužna rebra (bilo dna i pokrova dvodna, bilo boka) idu od pregrade do pregrade, a razmaknuta su obično 700...900 mm. Da zbog prilične udaljenosti poprečnih pregrada uzdužna rebra ne bi morala biti suviše jaka, postavljaju se poprečna okvirna rebra u razmaku od 2,5...4 metra i vežu s uzdužnim rebrima. U dvodnu gdje postoje uzdužna rebra i na pokrovu dvodna, uzdužni profili mogu biti i slabiji ako se na razmacima od 1,25...2,5 m postavio vertikalni poduporni profili (prečke).

Okvirna rebra zbog svoje visine smetaju u skladištima komadnog tereta, ali ne smetaju u skladištima za suhi rasuti teret (npr. žito,

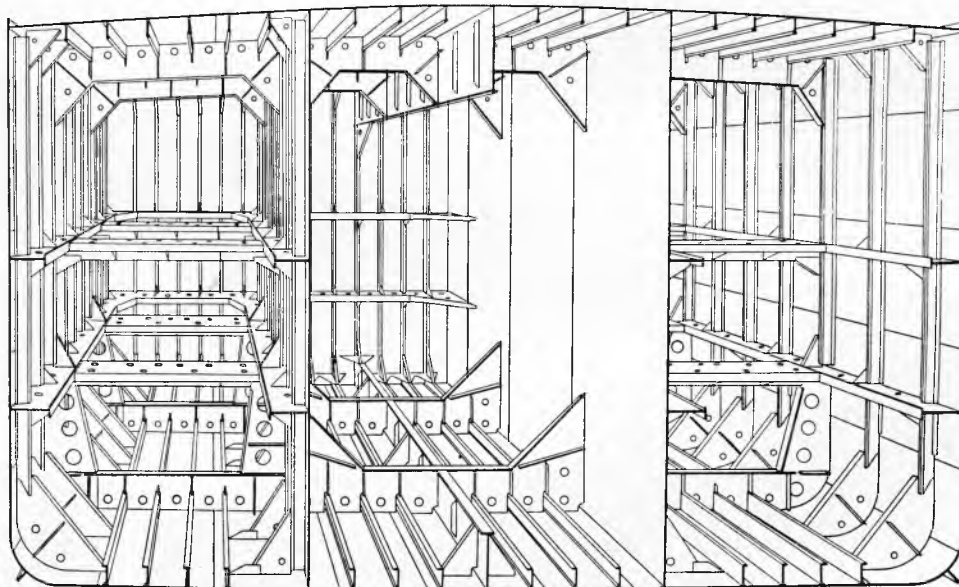
rudu, itd.), niti u tankovima za prijevoz tekućih tereta. Zato se tankeri redovito grade prema uzdužnom sistemu (sl. 21).

Po pravilu uzdužna rebra dna i boka, pa i uzdužne palubne sponje, kao i njihovi spojni dijelovi (koljena) ne smiju prolaziti kroz nepropusne pregrade, nego spoj na pregradi treba izvesti s pojačanim spojnim koljenima tako da je čvrstoća konstrukcije jednaka kao da uzdužna rebra odnosno uzdužne sponje nepre-



Sl. 21. Bočni tank s uzdužnim rebrima i s horizontalno korugiranom uzdužnom pregradom. 1 oplata, 2 uzdužno rebro, 3 rebrenica, 4 koljeno, 5 korugirana uzdužna pregrada, 6 paluba

kinuto prolaze kroz pregradu. Tankeri se vrlo često grade kombiniranim sistemom: na dnu broda i ispod palube su uzdužna rebra, a na bokovima poprečna (Millarov sistem, sl. 22).



Sl. 22. Presjek kroz tanker (zavareni kombinirani Millarov sistem)

Postoji i drugi način kombinirane gradnje na tankerima sa dvije uzdužne pregrade. Srednji tankovi imaju dno i palubu izvedene uzdužnim sistemom, a bočni tankovi i uzdužne pregrade izvedene su poprečnim. U drugoj varijanti takvog načina gradnje samo su bokovi i uzdužne pregrade izvedene po poprečnom sistemu.

Temelji strojeva, tuneli i prostori pogonskih postrojenja.

Temelji svih brodskih strojeva moraju biti izvedeni dovoljno čvrsto da mogu nositi težinu strojeva, preuzeti sile nastale uslijed rada strojeva i spriječiti prenošenje vibracija strojeva na trup broda. Temelji glavnih pogonskih strojeva, kotlova i odzivnog ležaja postavljaju se na pune rebrenice, i to su ili postavljeni direktno na pokrov dvodna, ili je dvodno na mjestu temelja stroja upušteno, ili, što je najčešći slučaj, temelji strojeva su sastavni dio broda, a izvedeni su nad dvodnom (sl. 23). Brodovi bez dvodna imaju djelomično povišene rebrenice na mjestu gdje su ugrađeni strukturni temelji stroja (sl. 23 d).

Uzdužni nosači temelja produžuju se ispred i iza strojeva da bi se bolje povezali sa strukturom broda. Po pravilu se pokrov dvodna pojačava ispod temelja stroja za 2,5 mm.

Konstrukcija temelja mora omogućiti da se raznim umecima prilikom montaže podešava položaj stroja, a same prirubnice temelja treba izvesti tako da je montaža temeljnih vijaka olakšana (sl. 24). Temelji parnih kotlova izvode se tako da dozvoljavaju dilataciju kotla, a onemogućavaju pomicanje (klizanje) kotla pri posrtanju broda.

Za pomoćne i lakše strojeve izvode se temelji razmjerno lakše strukture.

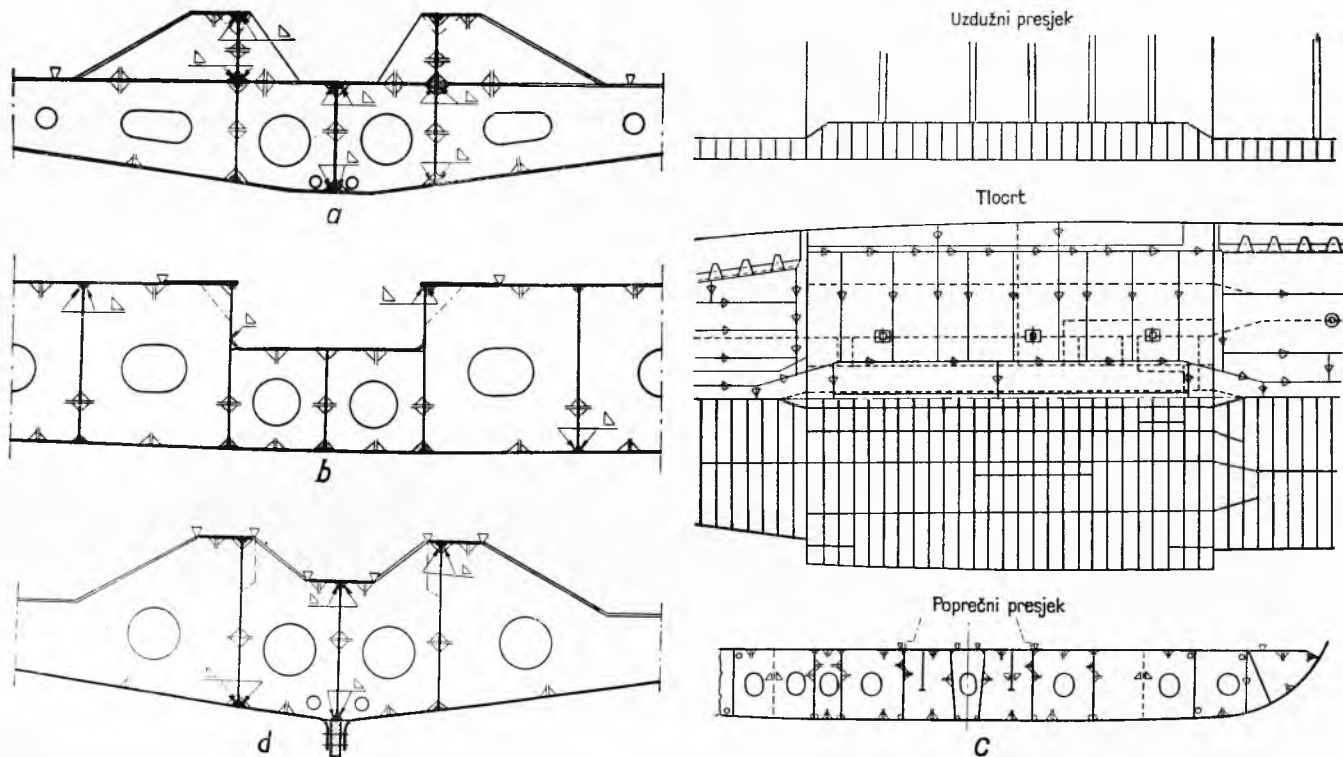
Oko strojeva postavljaju se na određenoj visini podovi za osoblje strojarnice koje poslujuje i nadzire rad strojeva.

Strojarnica broda se može nalaziti u sredini broda, negdje oko četvrtine dužine broda prema krmi ili posve na krmi. U prvom i drugom slučaju glavna pogonska osovina je zaštićena *tunelom*. Tunel mora biti izveden tako da je pristup ležajima osovine nesmetan. Tunel je na mjestu odzivnog ležaja proširen i povišen, a i kraj tunela na krmi obično se proširuje, jer služi za smještaj rezervne propellerske osovine. Tunel je nepropustan, a prema strojnom prostoru ima nepropusna vrata postavljena na pregradi ispred odzivnog ležaja. Katkada je odzivni ležaj u samoj strojarnici, pa se nepropusna vrata tunela stavljaju iza odzivnog ležaja.

Tablica 1

BROJ NEPROPUSNIH PREGRADA

Dužina broda, m	do 67	67...87	87...102	102...113	113...124	124...143	167...143	167...186
Broj pregrada ako je stroj smješten u sredini broda	4	4	5	6	6	7	8	9
Broj pregrada ako je stroj smješten na krmi	3	4	5	5	6	7	7	8



Sl. 23. Postolje glavnog pogonskog stroja. a postolje na dvodnu, b postolje na udubljenom pokrovu dvodna, c postolje na povišenom pokrovu dvodna, d postolje manjeg broda

Pregrade. Unutarnji prostor u brodskom trupu podijeljen je poprečnim, a eventualno i uzdužnim nepropusnim pregradama. Poprečne pregrade sprečavaju vodu koja je prodrla u jednu prostoriju da naplavi i susjedne prostorije, pa pregrade, osim što su nepropusne, moraju biti i dovoljno čvrste da izdrže hidrostatički pritisak vode. Poprečne su pregrade i osnovni element poprečne čvrstoće broda. Uzdužne nepropusne pregrade se uglavnom ugrađuju na brodovima za prijevoz tekućeg tereta.

Poprečne pregrade na putničkim brodovima (putničkim brodom smatra se svaki brod koji prevozi više od 12 putnika) izvode se prema propisima »Međunarodne konvencije za zaštitu ljudskih života na moru«.

Za trgovačke brodove po pravilu se broj pregrada određuje u ovisnosti o dužini broda prema tablici 1, str. 272.

Poprečne pregrade na brodovima s dvodnom postavljaju se na dvodno broda i sižu do glavne palube (pregradne palube, palube nadvođa). Rebrnice dvodna ispod pregrada moraju biti nepropusne.

Limovi nepropusnih pregrada mogu se rasporediti tako da im uzdužni bridovi leže ili horizontalno ili vertikalno. Prednost je horizontalnog rasporeda limova da se debljina pregrade može mijenjati prema hidrostatičkom opterećenju, tj. donji limovi mogu biti deblji. Prednost vertikalnog rasporeda jest da pregrada ima manje šavova a stikova praktički nema.

Pregrada sastavljena samo od limova ne bi bila dovoljno čvrsta, pa se ona pojačava horizontalnim ili vertikalnim ukrepama. Pretežno se postavljaju vertikalne ukrepe pričvršćene koljenima na pokrov dvodna i na donju stranu palube, ali ima izvedbi i bez koljena, pa se prema tome ukrepa proračunava ili kao upet ili kao slobodno položen nosač. Ako se pregrada izvede naborano (korugirano), nisu potrebne ukrepe, pa je uz jednaku čvrstoću pregrada lakša (sl. 25). Vertikalno naborane pregrade obično imaju, ovisno o njihovoj visini, jednu ili više jakih horizontalnih ukrepa. Visina tih horizontalnih ukrepa poklapa se s visinom bočnih proveza.

Prilikom sudara brodu se najčešće ošteti pramac, pa kroz oštećeno mjesto na pramcu prodre voda. Zbog toga se prva pramčana nepropusna pregrada izvodi čvršće od ostalih nepropusnih poprečnih pregrada. Ta se pregrada zove *kolizijska pregrada*, prostor ispred nje je *kolizijski prostor*, a donji dio kolizijskog prostora je *pramčani pik*.

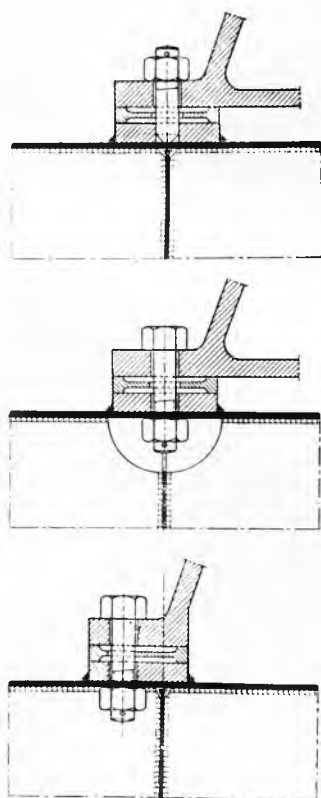
Pramčana kolizijska pregrada se redovito postavlja na 1/20 dužine broda iza prednje okomice, ali može biti postavljena i malo više prema sredini broda, samo ne suviše, da u slučaju prodora vode brod ne bi bio jako pretežan. Pramčana kolizijska pregrada po visini siže do glavne palube, a na brodovima sa zaštitnom palubom ona se produžuje do zaštitne palube.

Podvodni krmeni dio broda je također izložen vanjskim oštećenjima, iako manje nego pramac. Zato je i podvodni krajnji krmeni dio broda izveden jače, a naročito na jednovijčanim brodovima, gdje nosi kormilo i propelersku cijev.

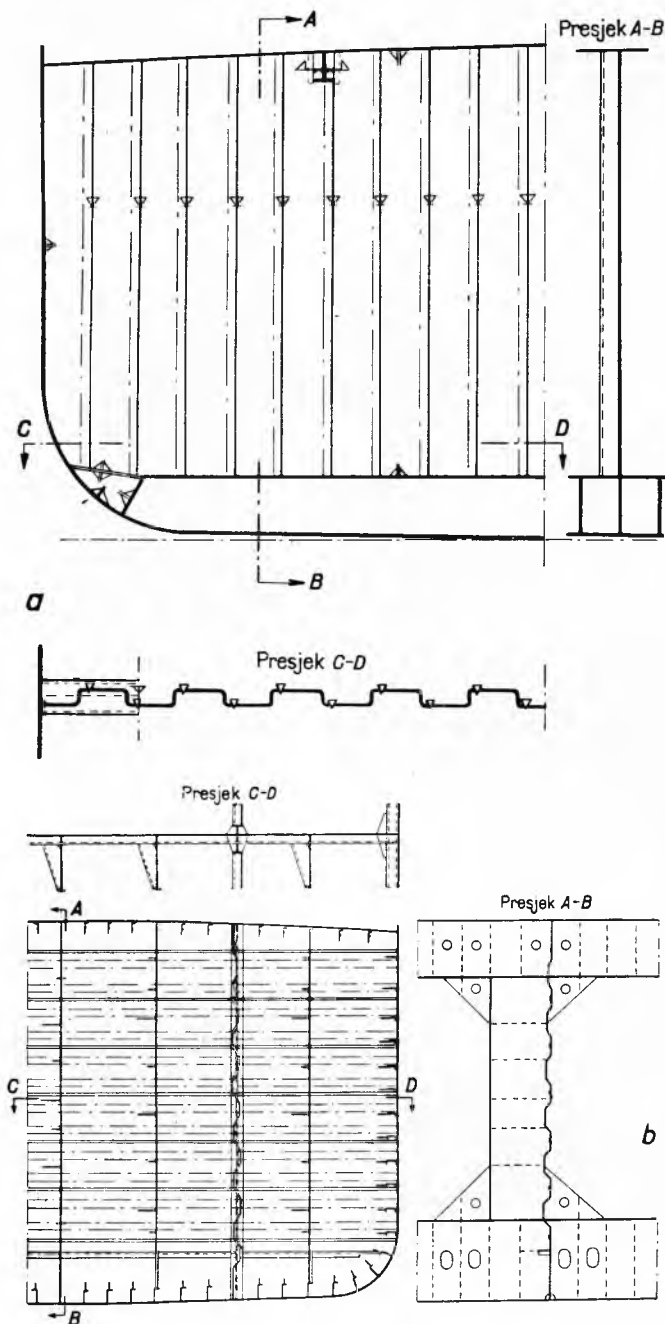
Analogno kao na pramcu, posljednja nepropusna pregrada na krmi je jače konstrukcije, ona se naziva krmena kolizijska pregrada, a siže do prve nepropusne palube iznad KVL. Dvodno broda uvijek počinje iza pramčane kolizijske pregrade i završava na krmenoj kolizijskoj pregradi.

Strukturni tankovi. Tankovi su nepropusni prostori koji mogu da prime tekućinu. Na brodu postoje dvije vrste tankova: strukturni, tj. tankovi koji su sastavni dio konstrukcije trupa, i nestrukturni tankovi, koji su posebno izgrađeni i postavljeni u brod (npr. tankovi pitke vode). Strukturni tankovi mogu biti među poprečnim pregradama, ili su posebno izgrađeni iznad dvodna, ili su u dvodnu (sl. 26).

Na tankerima nema dvodna osim ispod strojarnice, pa se tankovi za teret prostiru od dna do palube. Kolizijski prostori smatraju se tankovima za izravnavanje pretege ili zatege broda.

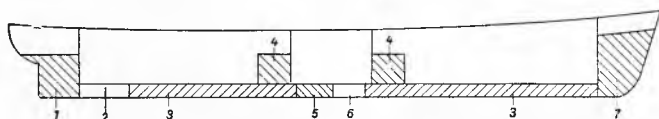


Sl. 24. Način pričvršćenja stroja uz brodske temelje



Sl. 25. Nepropusne pregrade. a pregrada s korugiranim limovima, b pregrada tankera po sistemu Isherwood

Posebnu svrhu na brodu imaju tzv. duboki tankovi. Oni su redovito podešeni tako da mogu primiti balastnu vodu, ili biljno ulje, ili suhi teret. Vodeni balast se ne može uvijek krcati i u tankove dvodna, jer u izvjesnim slučajevima brod postaje suviše stabilan zbog niskog težišta sistema, pa se na valovima jako i neugodno ljulja. Da se to izbjegne, balast se krca u visoke i relativno uske, duboke tankove. Duboki tankovi su po pravilu pregrađeni jednom uzdužnom pregradom koja smanjuje djelovanje slobodne površine tekućine u tanku. Nosivi strukturni dijelovi dubokih tankova izvode se po mogućnosti izvan pregrada tankova, da bi tankove bilo lakše i jednostavnije prati kad se mijenja teret. Grotla



Sl. 26. Raspored strukturnih tankova. 1 krmeni pik, 2 bunar, 3 gorivo ili balastna voda, 4 duboki tankovi, 5 pojna voda, 6 suhi tank, 7 pramčani pik

dubokih tankova su nepropusna i obično upuštena u palubu. Duboki tankovi su smješteni u sredini broda uz pregrade strojarnice, a mogu se nalaziti i bliže krajevima broda ako se želi da služe i kao tankovi za trimovanje broda.

Vanjska oplata služi istovremeno kao nepropusna ljuska trupa broda i kao element uzdužne čvrstoće trupa. Najveći uzdužni naponi konstrukcije trupa nastaju oko sredine broda, pa je zato prema propisima klasifikacionih društava vanjska oplata deblja u sredini dužine broda, a tanja na krajevima.

U zakovanoj konstrukciji stikovi se zbog većeg broja redova zakovica teže izvode nego šavovi. Zato se danas gotovo uvijek stikovi zavaruju, a samo se šavovi katkada zakivaju.

Limovi vanjske oplate paralelnog srednjaka su pravokutnici, pa se obično prije ugradnje predfabriciraju u veće površinske sekcije. Prema propisima klasifikacionih društava širina kobiličnog voja i završnog voja je jednaka po cijeloj dužini broda, a ostali vojevi oplate se suzuju prema krajevima. Na pramcu i na krmi vojevi limova se ne samo suzuju nego i prekidaju (mrtvi vojevi) da bi dva voja prešla u jedan (sl. 27).

Na vanjskoj oplati nalaze se otvori za izljeve i za king-ton-ventile. Oko svih većih otvora na vanjskoj oplati lim oplate je dvostruk radi kompenzacije oslabljenog presjeka.

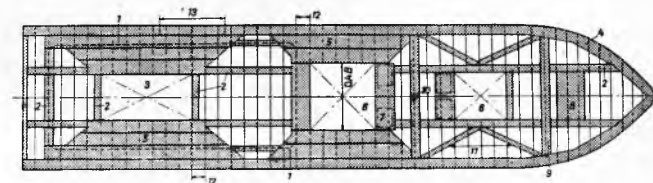
Limovi vanjske oplate, naročito na pramcu i na krmi, više su ili manje zakrivljeni u nekoliko smjerova. Za raspored limova vanjske oplate i za određivanje njihovih širina, osim nacrtu razvijene oplate broda

(u kojem su prikazane tačne širine ali iskrivljene dužine limova), često služe modeli trupa broda. Na modelu se ucrtava raspored limova oplate, pa se dimenzije pojedinih limova snime sa modela (v. Gradnja broda u ovom članku).

Palube i sponje. Postoje tri vrste paluba: gornja paluba, palube ispod gornje (druga, treća itd.) i palube iznad gornje (prva, druga itd. paluba mosta). Paluba čvrstoće je po pravilu gornja ali može biti i paluba mosta ako je neprekinuta i duža od 0,15 L. Paluba od koje se mjeri nadvođe zove se glavna paluba, to može biti gornja ili neka ispod nje, najčešće druga. Propisi klasifikacionih društava za dimenzije građevnih dijelova broda polaze ili od visine broda do glavne palube ili od visine do palube čvrstoće, već prema tome o kojem se građevnom dijelu radi.

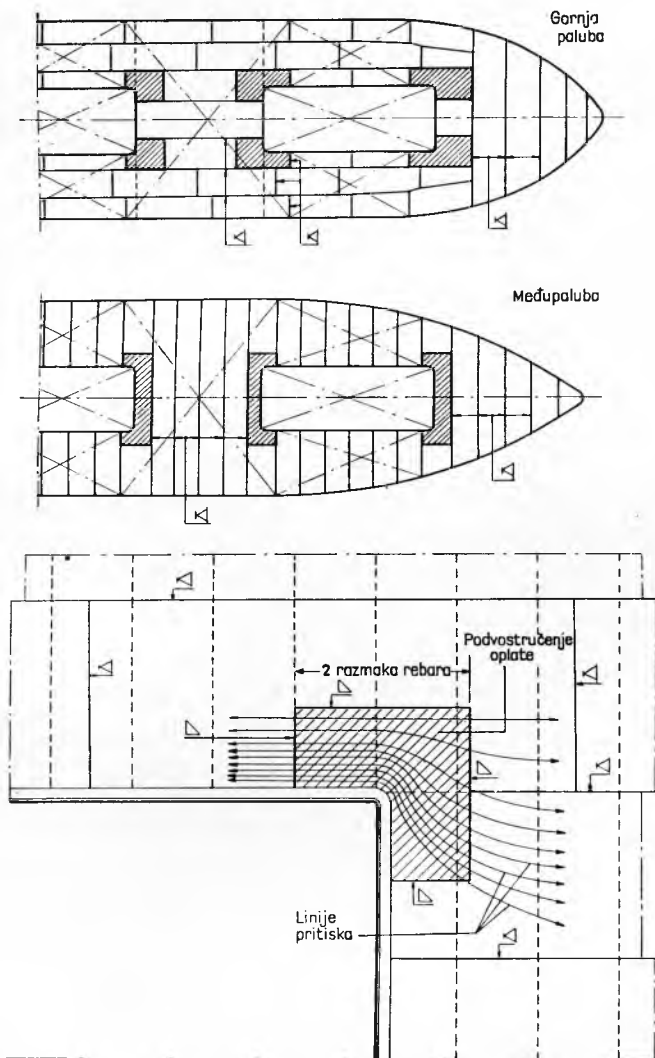
Palube većih brodova izrađene su potpuno od limova. Manji brodovi imaju palube djelomično opločene limovima koji su pokriveni drvenim trenicama (sl. 28). Sljubi trenica otvorene palube su zašupereni i zaliveni paklinom da bi bili nepropusni.

Na palubi su različni otvori (grotla, vidnici, zračnici i silazi) koji oslabljuju palubu. Radi kompenzacije tih oslabljenja, oko

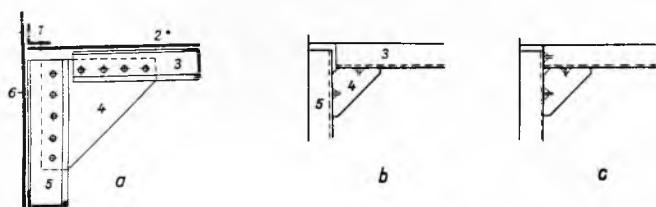


Sl. 28. Paluba djelomično opločena limovima. 1 stijena palubne kućice, 2 vezne ploče, 3 grotlište, 4 krovna proveza, 5 potpuno opločeno ako je grotlo $\geq 0,4$ širine broda, 6 grotlo, 7 pojačanje ispod teretnih vitala, 8 ploča ispod sidrenog vitla, 9 ploča iznad pregrade, 10 jarbol, 11 dijagonalne ploče, 12 dva razmaka rebara, 13 deset do dvanaest razmaka rebara

otvora su limovi oplate palube podvostručeni (sl. 29). Osim toga palube su redovno pojačane: kod prolaza jarbola, ispod velikih bitvi, ispod teških vitala i na mjestima gdje se krcaju teški predmeti (npr. lokomotive).



Sl. 29. Pojačanja palube kod otvora



Sl. 30. Spoj rebra i sponje koljenom ispod palubne proveze. a zakovana konstrukcija, b i c zavarena konstrukcija. 1 uglovnica palubne proveze, 2 palubna proveza, 3 sponja, 4 koljeno, 5 rebro, 6 završni voj

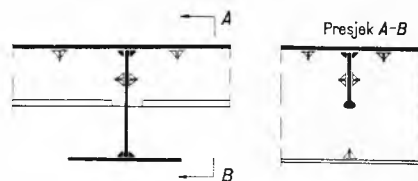
Limovi palube su ukrepljeni *sponjama*. Sponje su lagano zakrivljeni profili postavljeni u istim razmacima kao i rebra, a s rebrima vezani pomoću koljena (sl. 30). Uz palubne otvore, koji su u pravilu uzdužno pojačani dubokim praznicama, postavljaju se tzv. *polusponje*.

Sponje dolaze na svako rebro na svim nepropusnim palubama, na polupalubama širim od 4,5 m, na svim brodovima koji imaju razmak rebara veći od 0,75 m i na palubi čvrstoće.

Iako klasifikaciona društva gotovo za sve građevne dijelove propisuju ili dimenzije ili moment otpora profila, neka društva za cijelu palubu propisuju samo površinu njenog presjeka, a raspored debljina limova, uz izvjesna ograničenja, prepuštaju konstruktoru broda.

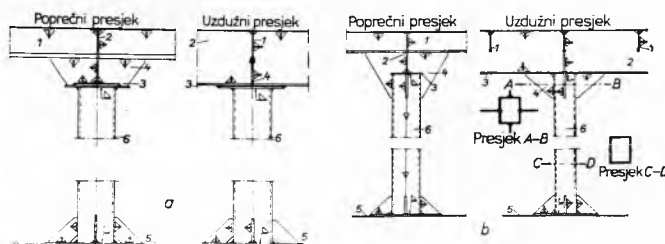
Palubne podveze i upore. Kad bi sponje kao ukrepe palube bile poduprte samo na bokovima broda, dimenzije bi im bile prevelike. Zbog toga se sponje podupiru bilo uporabama umetnutim direktno pod sponje (na manjim brodovima koji imaju sponje na svakom drugom rebro), bilo time što se ispod sponja postavljaju

jednostavni ili sastavljeni uzdužni nosači koji se zovu *podveze* (sl. 31). Podveze imaju dovoljno širok donji pojas da se na njega mogu dobro spojiti glave *upora*. Broj uzdužnih podveza, odnosno redova upora, ovisi o širini broda.



Sl. 31. Podveza

Osim što podupiru sponje, upore odteraju koljena sponja i bokove broda preuzimajući dio opterećenja i prenose opterećenja s palube na dno broda izjednačujući tako naprezanja nastala pritiskom vode na dno broda, a povezujući palube pojačavaju strukturni sistem po visini. Na manjim brodovima kao upore služe profili ili cijevi, a na većim složeniji profili ili cijevi većeg promjera (sl. 32). Poželjno je da upore budu raspoređene tako da dolaze nad bočne nosače dvodna: ako nisu tako raspoređene, dvodno je

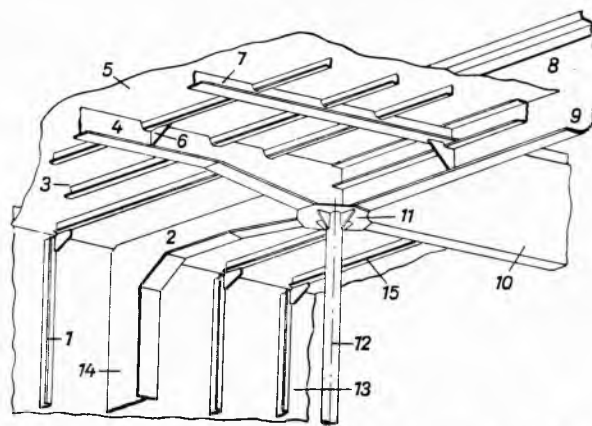


Sl. 32. Upore. a okrugla upora s vezama na podvezi i dvodnu, b upora kvadratnog presjeka vezana na podvezi i dvodnu. 1 sponja, 2 podveza, 3 lim, 4 privareno koljeno, 5 paluba, 6 stup

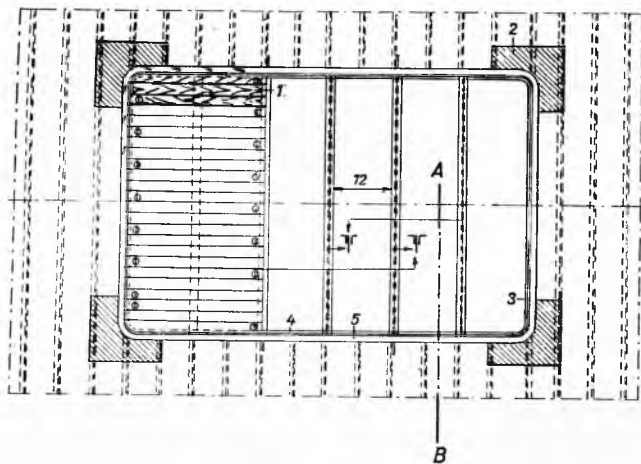
ispod upore pojačano. Čvor što ga ispod uglova grotala skladišta čini podveza s okvirnom sponjom i praznicom po pravilu se posebno pojačava (sl. 33).

Grotla i poklopci. Grotlo je otvor na palubi kroz koji se krca teret u brodsko skladište. Grotla na gornjoj izloženoj palubi imaju visoke praznice, a zatvaraju se poklopcima koji ne dozvoljavaju ulaz vode u skladišta (sl. 24). Na donjim neizloženim palubama grotla su niža ili upuštena u palubu, a poklopci jednostavnije izvedeni.

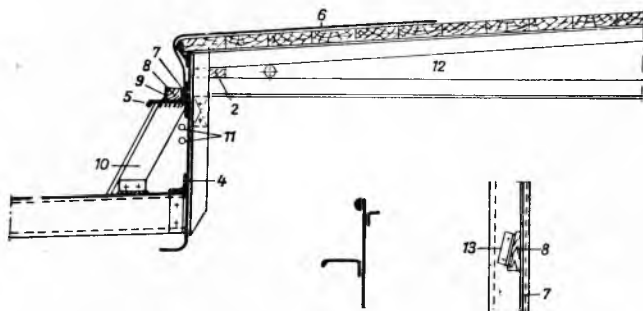
Grotla imaju uzdužnu i poprečnu praznicu. Prema propisima Lloyd's Registra praznice na izloženoj palubi srednjeg i pramčanog dijela broda moraju biti visoke 610 mm, a na krmici 470 mm. Praznice glavne palube broda sa otvorenom zaštitnom palubom visoke su 470 mm, a broda sa zatvorenom zaštitnom palubom 240



Sl. 33. Upora na uglu tovarišta. 1 rebro, 2 sponja završetka grotla, 3 sponje, 4 podveza uzdužne praznice, 5 paluba, 6 koljeno na svakom drugom rebro, 7 lokalna podveza ispod vitla, 8 poprečna praznica, 9 pojačanje, 10 uzdužna praznica, 11 ploča upore, 12 upora, 13 oplata, 14 okvirno rebro, 15 kratka sponja

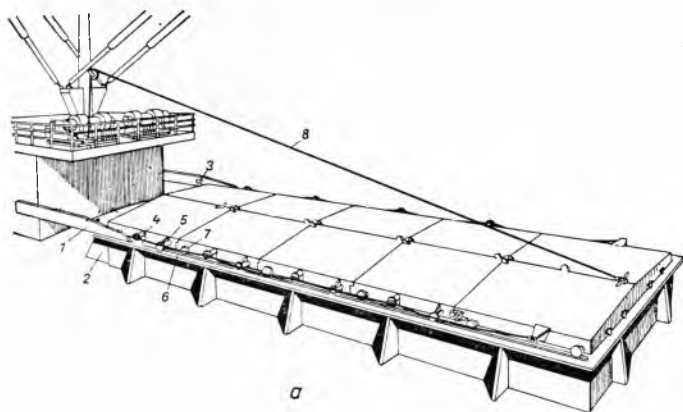


Presjek A-B

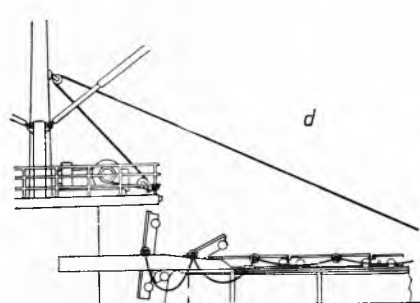


Sl. 34. Poklopac grotla. 1 drveni poklopci, 2 pojačanja, 3 poprečna praznica, 4 uzdužna praznica, 5 uglovnica za pojačanje, 6 nepromočiva platnena prevlaka, 7 i 9 letve a 8 klinovi za učvršćenje prevlake, 10 potporanj praznice, 11 parovodi, 12 sponja grotla, 13 uglovnica ili letva za zaklinjenje prevlake

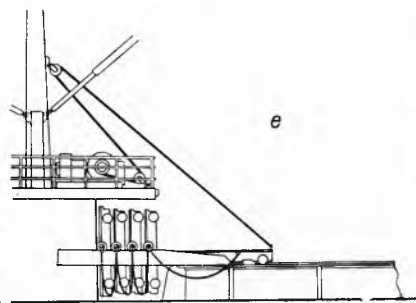
mm. Praznice sižu ispod palube bar do donjeg ruba sponja, a ako se linija podveza poklapa s linijom uzdužne praznice grotla, praznice sižu do donjeg pojasa podveze.



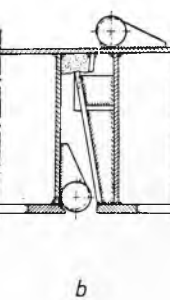
a



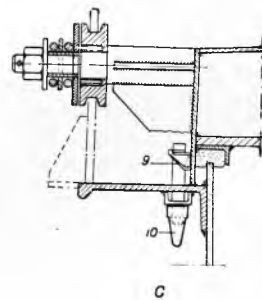
d



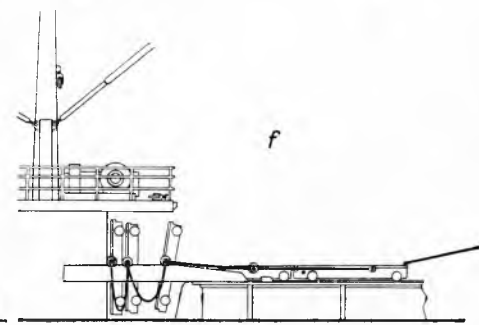
e



b

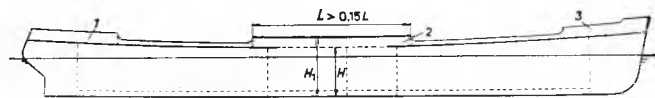


c



f

Sl. 35. Člankasti poklopac grotla McGregor. a grotlo sa zatvorenim poklopcem, b presjek kroz brtvu na sastavu dvaju elemenata poklopca na sredini otvora, c presjek kroz brtvu na praznici i kroz srednji kotač, d i e otvaranje grotla, elementi putuju po krajnjim kotačima do kraja praznice, a onda se po srednjem kotaču uspu na rampe i slože vertikalno jedan uz drugi, f zatvaranje grotla. 1 rampa, 2 praznica, 3 zapor za posljednji element pri otvorenom grotlu, 4 srednji kotač, 5 i 7 krajnji kotači, 6 čelična užeta koja povezuju elemente, 8 čelično uže za otvaranje i zatvaranje grotla

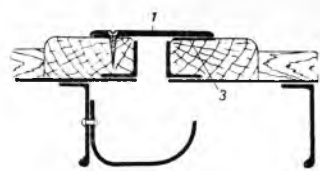
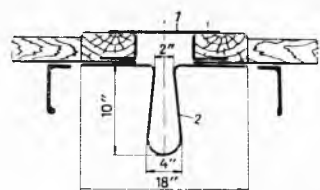


Sl. 36. Brod s tri nadgrađa i dugim mostom. 1 kasar, 2 most, 3 kaštel

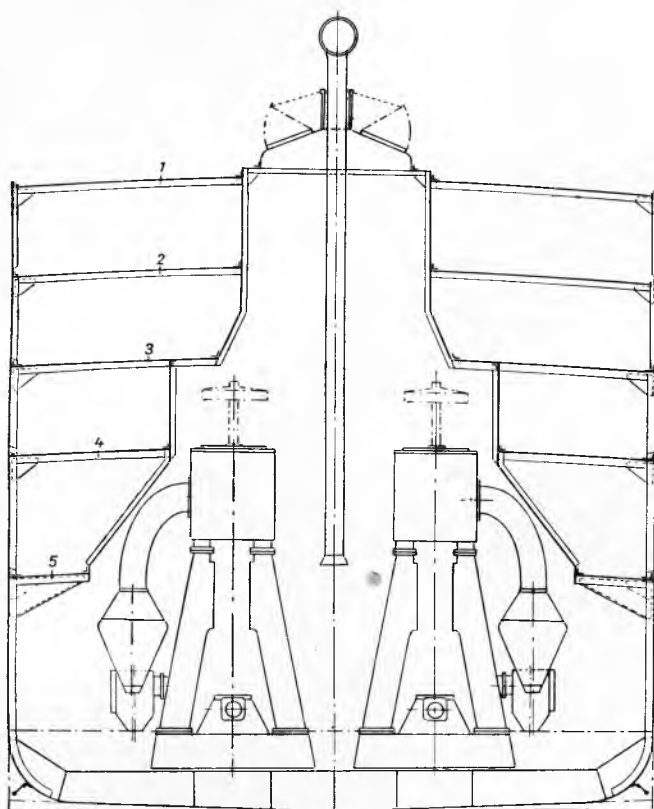
Grotla na otvorenim palubama moraju biti vodonepropusno zatvorena, a na donjim palubama dobro zatvorena. Jednostavniji tip poklopca su drvene trenice pokrivene nategnutim nepropusnim platnom (sl. 34). Veći brodovi danas često imaju poklopce od lima ukrućenog profilima. Limeni poklopci mogu biti u jednom ili u više komada. Poklopci u jednom komadu otvaraju se na šarnir ili se brodskim dizalicama skidaju i odlažu na stranu. Na grotlima otvorenih paluba sve više prevladava člankasta izvedba čeličnih poklopca (npr. prema patentu McGregor.) Člankasti poklopci kličući po uzdužnim tračnicama slažu se ispred prednje ili stražnje strane grotla (sl. 35).

Nadgrađa, grotlišta i palubne kućice. Nadgrađa se nalaze na najgornjoj neprekinutoj palubi, a sižu od boka do boka broda. Nadgrađa su: kaštel na pramcu, most na sredini broda kasar ili krmica na krmu broda. Paluba mosta, ukoliko je most duži od $0,15 L$, po pravilu se smatra palubom čvrstoće (sl. 36). Konstrukcija mosta dužeg od $0,15 L$ mora biti povezana pojačanim građevnim dijelovima s palubom ispod mosta, da bi se naponi palube mosta jednoliko prenosili na ostalu konstrukciju. Oblik vezanih dijelova mora biti takav da na uglovima, gdje se most spaja s donjom palubom, ne dođe do koncentracije napona.

Rebra u nadgrađima imaju manje dimenzije nego rebra ispod glavne palube. Po pravilu profili rebara ne prolaze kroz palubu.



Sl. 37. Giblivi spojevi prekinutih paluba. 1 mjedena ploča $3/32''$, 2 specijalni čelik $1/4''$, 3 tvrda koža, 4 čelični umetak, 5 čelična ploča, 6 čelična paluba, 7 mjedena ploča, $1/8''$ zakovana na lim, 8 mjedena ploča $1/8''$ zakovana na čelični umetak



Sl. 38. Grotlište broda s dva motora. 1 paluba čamaca, 2 paluba mosta, 3 glavna paluba, 4 međupaluba, 5 donja paluba

Prednji zidovi nadgrada mosta i kasara su izloženi udarima valova pa moraju biti jači od poprečnih zidova. Bez obzira na to da li su dužine limova poprečnih vanjskih zidova nadgrada postavljene horizontalno ili vertikalno, lim uz palubu mora biti horizontalan (praznica nadgrada) i jači od ostalih limova.

Ako se ne želi da paluba dugog nadgrada (dužeg od 0,15 L) preuzima uzdužne sile, tj. da bude paluba čvrstoće, ona se na jednom ili više mjesta prekida. Na prekidima je paluba spojena nepropusnim gibljivim spojevima (sl. 37).

Grotlišta služe za zračenje i osvjetljenje strojarnice i kotlovnice. Omeđena su okomitim zidovima i redovno se prema vrhu sužuju (sl. 38). Zidovi grotlišta su sastavljeni od limova ukrčenih profilima.

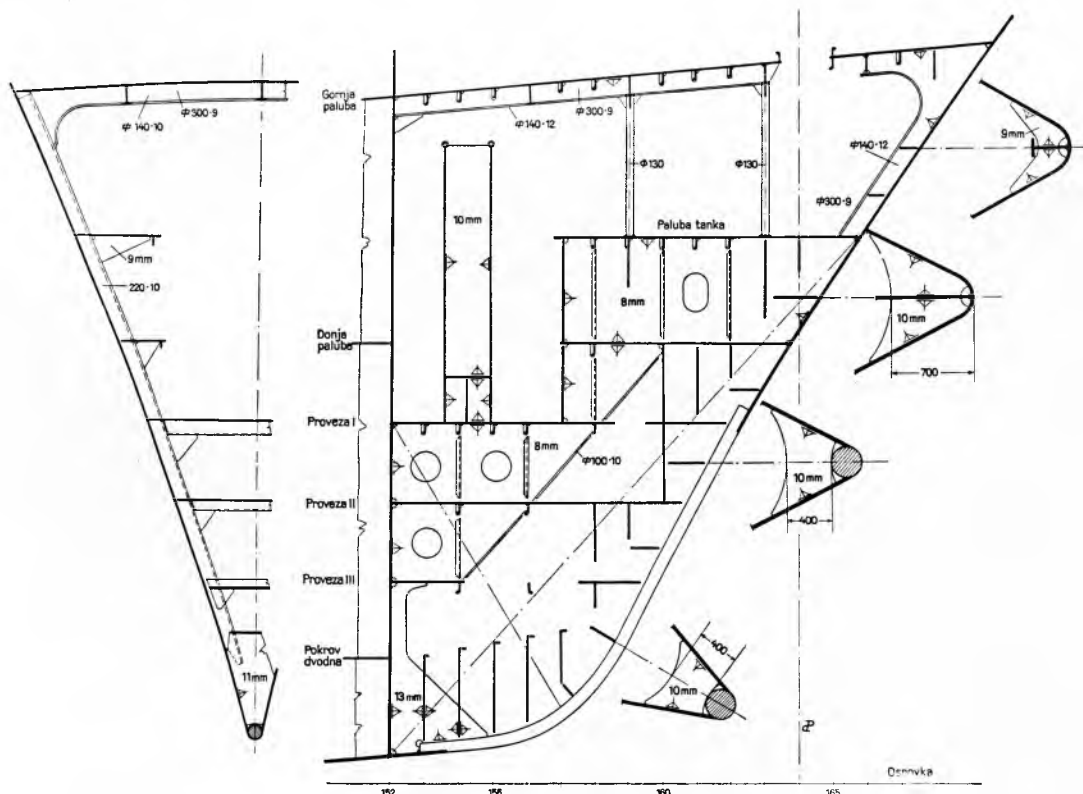
Palubne kućice, za razliku od nadgrada, uže su od broda, tj. ne prostiru se od boka do boka. Palubne kućice se izvode od čelika, ili od drva, ili od aluminijuma.

Posebna pojačanja brodske konstrukcije. Krajevi broda, tj. pramac i krma, moraju biti posebno pojačani zbog mogućih oštećenja pri sudaru ili nasukanju i zbog povećanih naprezanja koja nastaju kad brod plovi uzburkanim morem. Naročito je pramac izvrnut velikim naprezanjima kad brod na valovima posrće pa dolazi do tzv. lupanja pramca. Lupanje se prostire i na dio brodske konstrukcije iza kolizijske pregrade, pa to cijelo područje mora biti pojačano. U pramčanom dijelu broda rebra su jača i viša, bočne proveze se postavljaju u razmacima ne manjim od 1,85 m i povezuju se prostornim sponjama, a rebrenice su do 50% više nego na sredini dužine broda (sl. 39). U pramčanom dijelu na prvih 20% dužine broda rebrenice su po pravilu pune.

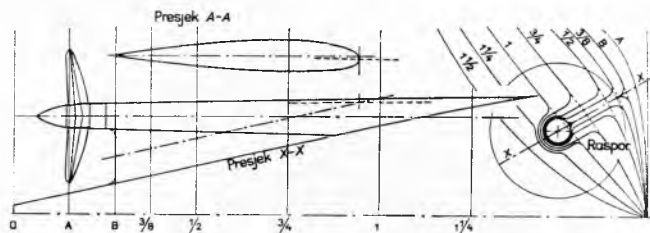
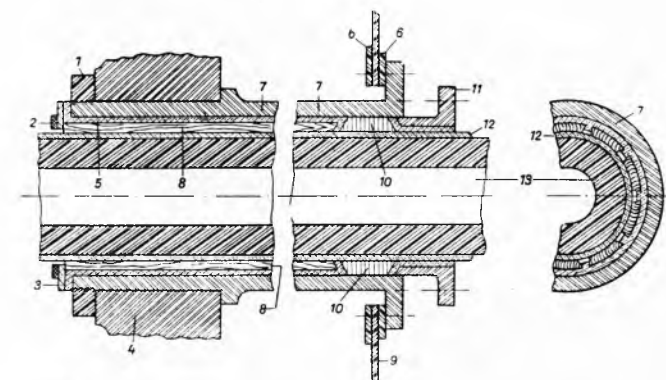
U krmenom piku proveze su razmaknute ~ 2,45 m, a često se konstrukcija pojačava okvirnim rebribima.

Izlazi propellerskih osovina. Na jednovijačanim brodovima osovina propelera izlazi iz trupa broda kroz statvenu cijev. Statvena cijev služi kao krajnji ležaj propellerske osovine i kao brtva koja sprečava ulaz vode u brod. Statvena cijev je s unutrašnje strane pričvršćena na krmenoj kolizijskoj pregradi, a na vanjskoj strani na glavnom masivu krmene statve. Prilikom montaže statvena cijev se ugrađuje s unutarnje strane broda, pa zbog toga otvor u kolizijskoj pregradi mora biti veći od priрубnice kojom se cijev spaja s krmenom statvom. Na mjestu gdje je pričvršćena statvena cijev kolizijska pregrada se pojačava solidnim prstenom. Na statvu se statvena cijev pričvršćuje jakom maticom.

Statvena cijev jednopropelnog broda može biti kratka s jednim ležajem ili dugačka sa dva ležaja (sl. 40). Statvena cijev je obično izrađena od ljevenog željeza, a rjeđe od čelika (ratni brodovi). Blazine ležaja u statvenoj cijevi napravljene su od gvajakovine, vrlo



Sl. 39. Struktura pramčanog dijela broda dužine oko 125 m



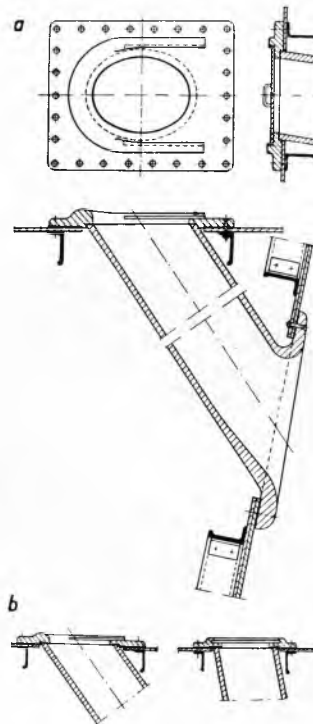
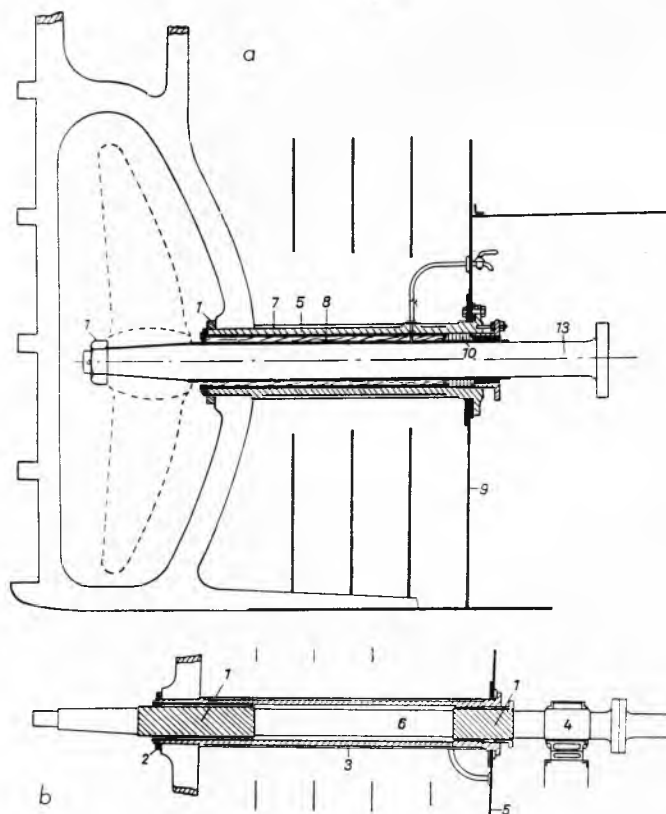
Sl. 42. Nogavica

u žljebove košuljice ležaja tako da se ne dodiruju, pa voda može stalno podmazivati ležaj. Dovod vode se regulira posebnim pipcem.

Osim gvajakovine upotrebljavaju se i uobičajeni materijali za blazinice: bronca i bijeli metal. U tom slučaju mora statvena cijev biti dobro brtvljena, da mazivo ne iscuri iz ležaja. Kod velikog broja okretaja osovine i velikih obodnih brzina a manjih specifičnih pritisaka, kao materijal za blazinice upotrebljava se guma, jer nju voda također dobro podmazuje.

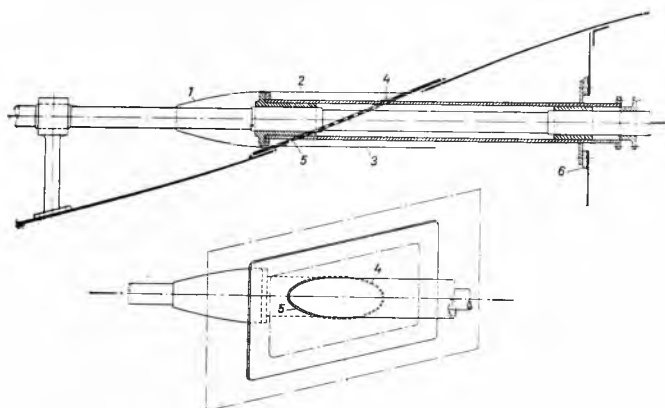
Na brodovima s više vijaka osovine izlaze iz trupa na bokovima krmenog dijela broda. Krajnji ležaj osovine može biti u posebnom slobodnom nosaču, tzv. *skroku* (tj. između izlaza iz trupa i skroka osovina je nezaštićena, sl. 41) ili je krajnji ležaj u tzv. *nogavici*

koja predstavlja šuplji izduženi nastavak trupa (sl. 42). Ležaj u skroku osovinu samo nosi, jer se ležaj s brtvom nalazi na izlazu osovine iz trupa; u nogavici je ležaj osovine izveden jednako kao

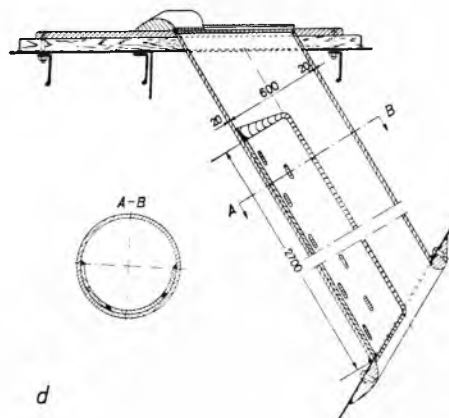


Sl. 40. Statvena cijev. a kratkog tipa: 1 matica, 2 protektor od cinka, 3 držač protektora, 4 krmena statva, 5 košuljica, 6 prsteni, 7 statvena cijev, 8 gvajakovina, 9 nepropusna pregrada, 10 brtva, 11 priteznica brtve, 12 obloga osovine, 13 osovina; b statvena cijev sa dva ležaja; 1 brončana obloga, 2 matica, 3 duga cijev sa dvije košuljice, 4 ležaj, 5 pregrada krmenog pika, 6 osovina

tvrdog i teškog drveta; voda u njima služi kao sredstvo za podmazivanje ležaja. Ležaj se pravi od letvica gvajakovine koje su utaknute

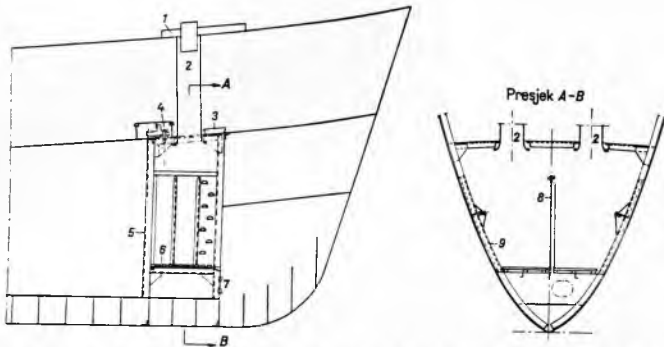


Sl. 41. Cijev vijčane osovine broda sa više vijaka. 1 strujna zaštitna ploča, 2 vanjski lim nogavice, 3 unutarnji lim nogavice, 4 vanjski var, 5 unutarnji var, 6 gvajakovina



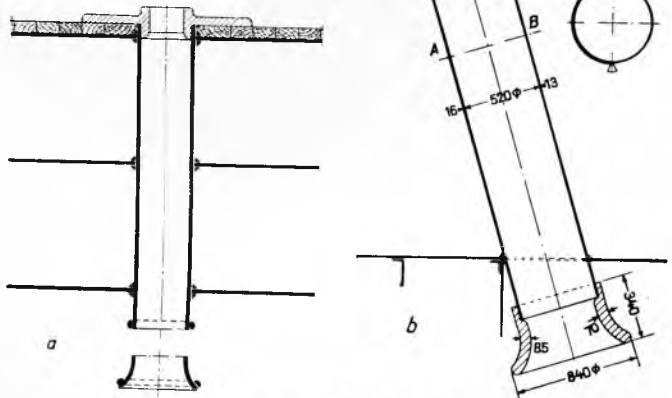
Sl. 43. Sidrena ždrijela. a sidreno ždrijelo od ljevenog željeza bez brtve, b ždrijelo od ljevenog željeza s brtvom, c ždrijelo od cijevi od lima s prirubnicama od ljevenog čelika, d električki zavareno ždrijelo od limova i čeličnih otkivaka

u statvenoj cijevi. Po pravilu oba nosača (lijevi i desni) krajnjeg ležaja osovine sižu do sredine broda i solidno su spojeni jedan s drugim da bi konstrukcija krmenog dijela trupa bila što čvršća.



Sl. 44. Smještaj lančanika. 1 postolje vitla, 2 uvodne cijevi lančanika, 3 ulaz lančanika, 4 uređaj za ispuštanje lanca, 5 kolizijska pregrada, 6 drveni pod, 7 provlaka, 8 pregrada lančanika, 9 obloga lančanika

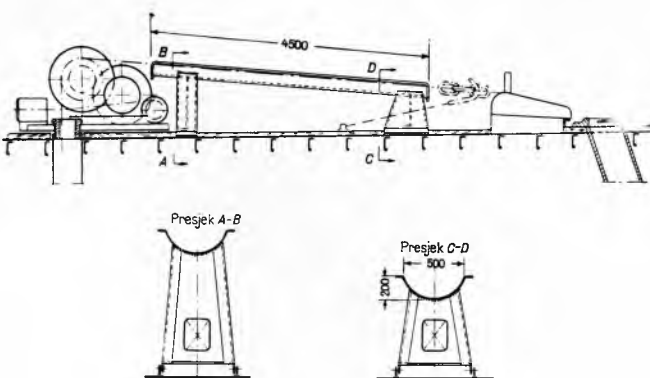
Sidrena ždrijela i lančanici. Svaki veći brod ima na oba boka pramca sidreno ždrijelo, spojeno prirubnicama na vanjsku oplatu i na palubu bro-



Sl. 45. Uvodne cijevi lančanika

da. Sidrena ždrijela su od ljevenog čelika ili ljevenog željeza, ili su samo prirubnice od ljevenog čelika a cijev od čeličnog lima. Ždrijelo može biti i potpuno zavarene konstrukcije (sl. 43).

Lančanik je prostor u kojem su smješteni sidreni lanci. U lančaniku se nalaze dva lanca (za svako sidro po jedan), pa je



Sl. 46. Vođenje sidrenog lanca po žlijebu

lančanik podijeljen uzdužnom pregradom na dva dijela. Pod lančanika je pokriven drvenim trenicama (sl. 44). Cijevi kojima se uvodi lanac u lančanike imaju na ulazu jako pojačane i zaobljene prirubnice (sl. 45). Gibljivo ukotvljenje kraja sidrenog lanca mora

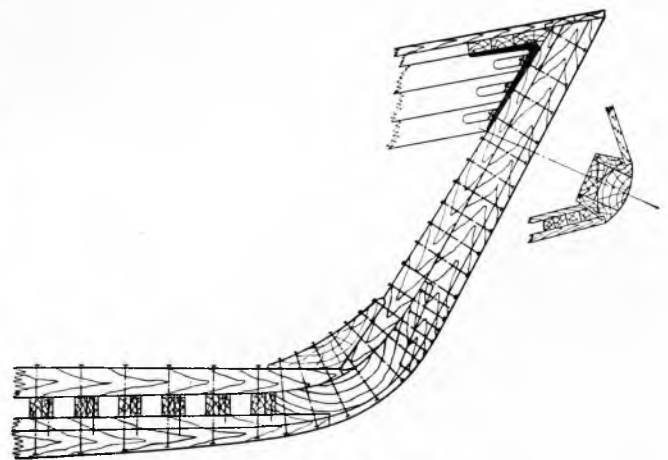
biti izvedeno tako da se lanac u slučaju potrebe može lako i brzo otkvačiti a da se ne ulazi u prostor lančanika; stoga se često nalazi na palubi koja čini pokrov lančanika. Ako se sidreno vitlo ne može smjestiti blizu sidrenog ždrijela, lanci se do ulaza u lančanik vode posebnim žlijebom (sl. 46).

S. Ercegović

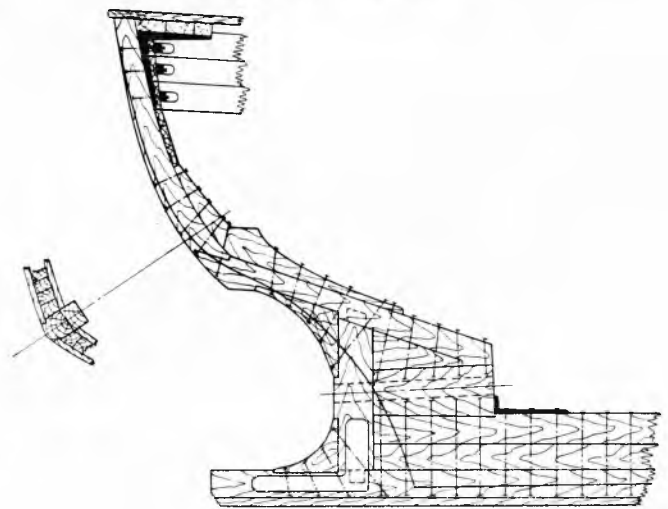
KONSTRUKCIJA DRVENOG BRODA

Glavni elementi konstrukcije drvenog broda nisu se bitnije mijenjali dugi niz godina. Štaviše, velik broj tih elemenata je s većim ili manjim izmjenama usvojen i za željezne brodove, pa današnji čelični i drveni brodovi imaju u principu slične osnovne elemente brodskog trupa.

Glavni građevni dijelovi trupa drvenog broda. Glavni uzdužni element konstrukcije drvenog broda je *kobilica*. To je jaka uzdužna greda na dnu broda koja preuzima najveća naprezanja pri uzdužnom savijanju broda, te udarce i pritiske kad se brod nasuče ili dokuje. Na svakom kraju se na kobilici nastav-



Sl. 1. Pramčana statva



Sl. 2. Krmena statva

ljaju *statve*, pramčana i krmena (sl. 1 i 2). U poprečnim okomitim ravninama sa kobilicom su spojene simetrične zakrivljene grede, *rebra* broda. Rebra određuju vanjski oblik brodskog trupa, na njima je pričvršćena vanjska oplata broda, a ona osiguravaju i poprečnu čvrstoću broda. U simetriji broda, paralelno s kobilicom, položena je iznad rebra jaka uzdužna greda, zvana brodsko *pasmo* (sl. 3).

Rebra većih brodova su u uzdužnom smjeru sastavljena od dva sloja. Svaki sloj se sastoji od više komada tako raspoređenih da spojevi komada u jednom sloju dolaze između spojeva u drugom sloju. Razmak rebra drvenog broda je mnogo manji nego razmak rebra čeličnog broda istih osnovnih karakteristika