

morskih oficira, pa u XX st. pojedine pomorske zemlje grade jedrenjake raznih tipova, a u novije vrijeme i normalne motorne trgovacke brodove, da služe isključivo kao školski brodovi.

Današnji školski brodovi mogu se podijeliti u dvije grupe. U prvu grupu spadaju razni tipovi jedrenjaka (križnjak, bark, barkantina, škuna itd.), a u drugu normalni trgovacki brodovi. Školski brodovi jedrenjaci su većinom čelične konstrukcije sa čeličnim jarbolima i križevima. Osim jedara, za pogon im služi i pomoći dizel-motor. Veličina tih brodova je različita: najmanji imaju smještaj za dvadesetak kadeta, a najveći i za dvije stotine. Oblik trupa je kao klasičnih jedrenjaka XIX st., s izraženim V-rebrima na pramčanom dijelu i sa nešto punijim krmenim dijelom. Snast i jedrilje školskih brodova-jedrenjaka je vrlo raznoliko i ovisi o tipu jedrenjaka kojem brod pripada.

Školski brodovi druge grupe imaju potpuno jednak oblik i konstrukciju trupa kao moderni standardni trgovacki brodovi, a i raspored prostorija im je jednak, osim što je jedan dio brodskih sklađišta iskorišten za nastambe, predavaonice i kabinete.

Bez obzira na tip, svi su školski brodovi opremljeni modernom navigacijskom opremom, prostorijama za održavanje nastave, laboratorijima i radionicama za praktične vježbe. Broj i veličina predavaonica, laboratorija i nastavnih kabinetova ovisi o veličini broda. Veliki školski brodovi obično imaju ove posebne prostorije namijenjene obuci kadeta: nastavnu radio-kabinu, nastavnu navigacijsku kabinu, vježbaonicu za rad s kartama, vježbaonicu za rad s giro-kompasom, posebnu brodsku strojarnicu, posebnu nastavnu prostoriju s električkim generatorima i ispravljačima, foto-laboratorijski, kemijski laboratorijski, laboratorijski za mjerne instrumente, užarsku radionicu, tesarsku radionicu, mehaničarsku radionicu, biblioteku i jednu ili više predavaonica.

Stalna posada i nastavnici su smješteni u jednokrevetnim i dvokrevetnim kabinama, a kadeti u velikim zajedničkim prostorijama sa 20...100 ležaja, obično visaljki. Kadeti imaju zasebnu blagovaonicu, sanitarnе prostorije i eventualno salон. Školski brodovi redovno imaju bolnicu i brodskog lječnika.

Posebna pažnja je posvećena sigurnosti školskih brodova. Školski brodovi imaju nepropusne pregrade, sredstva za spasavanje, protupožarne uređaje, sredstva veze i navigacijsku opremu prema odredbama koje Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru propisuje za putničke brodove. Školski brodovi-jedrenjaci moraju zadovoljiti vrlo stroge zahtjeve u pogledu stabiliteta. Obično se zahtijeva da početna metacentarska visina za opremljen brod bez goriva i vode ne bude manja od 0,6 m, da je maksimalna poluga stabiliteta tek iza kuta nagiba od 45°, a da pri nagibu od 90° još uvijek ima pozitivnu vrijednost. Na jedrenjacima se često palubne kućice izvode nepropusno, a svi otvori u palubu se smještaju u simetralu broda da ni pri nagibu od 90° ne dodu pod vodu.

Pomoći motor školskih jedrenjaka obično je toliko snažan da brod može u luci sam manevrirati. Kako brodski vijak za vrijeme kad motor ne radi ne bi povećavao otpor broda, on se otkopča od osovinskog voda te se okreće slobodno, ili se dvostruki vijak fiksira tako da mu krila dodu iza krmene statve.

ŠKOLSKI BRODOVI

Ime broda	*Gorch Fock*	*Horizont*
Zemlja Godina gradnje Tip	S. R. Njemačka 1958 jedrenjak bark	SSSR 1961 motorni trgovacki brod
Dužina preko svega LOA, m Dužina između okomica LPP, m Širina B, m Bočna visina H, m Gaz T, m Istinsina A, t Površina jedara, m ² Pogonski stroj Tip Snaga, KS Brzina V, čv Broj posade i nastavnika Broj kadeta	89,32 70,20 12,0 7,3 4,85 1810 1964 pomoći dizel-mo- tor 800 10 74 200	105,07 95,46 14,4 10,2 6,2 6017 — 3250 13,7 57 154

U prednjoj tablici prikazani su osnovni podaci za dva moderna školska broda.

A. Sentić

BRODOVI UNUTRAŠNJE PLOVIDBE, brodovi koji su projektirani i građeni za plovidbu po unutrašnjim plovnim putovima: rijeckama, kanalima i jezerima. Ti se brodovi svojom konstrukcijom, oblikom trupa, rasporedom prostorija i opremom razlikuju od morskih brodova jer se i uvjeti plovidbe po unutrašnjim vodama i po moru bitno razlikuju.

Historija plovidbe počinje s riječnim splavima i čamcima, i riječni brod, u stvari veliki čamac, nastao je prije morskog broda. Najstariji do sada poznati crteži brodova potječu iz ← IV milenija a nalaze se na pećinama u gornjem toku Nila. Ti crteži prikazuju riječne čamce koji su već toliko veliki da se mogu smatrati prvim riječnim brodovima. Tek 2000 godina kasnije Egipćani su počeli graditi prve morske brodove na Mediteranu. Ali dok su se morski brodovi, iako polagano, usavršavali i postajali veći, riječni brodovi su hiljadama godina stagnirali ostajući stvarno samo veći čamci, teglenice ili splavi. Razlog tome je bila slaba ili nikakva mogućnost da se na unutrašnjim vodama koristi pogon jedrima, nego su se riječni brodovi pokretali veslima, odguravali motkama, tegili ljudskom ili životinjskom snagom ili jednostavno spuštali niz riječnu maticu. Nedostajanje efikasnijeg sistema pogona riječnih brodova i konfiguracija nereguliranih prirodnih riječnih tokova nisu dozvoljavali da se dimenzije riječnih brodova znatno povećaju, pa su im stoga i konstrukcija i oblik trupa dugo ostali vrlo jednostavni i primitivni.

Tek izum parnog stroja i prijelaz sa drvena na željeznu konstrukciju brodova učinili su kraj stagnacije u razvoju riječnih brodova. Parni stroj kao autonomni brodski uredaj bio je interesantan u prvom redu za riječnu plovidbu. Stoga je velika većina eksperimenta s parnim pogonom broda ispočetka vršena na rijeckama: 1707 Papin na Fuldi i Weseru, 1763 W. Henry na Canestogi, 1775 Jouffroy na Seini, 1787 J. Ramsay na Potomacu, itd. I prvi uspješni parobrodi bili su riječni brodovi: »Charlotta Dundas», koji je 1802 zaplovio kanalom Forth-Clyde, i Fultonov »Clermont», koji je 1807 počeo redovni saobraćaj na rijeći Hudson. Tek pošto se parni stroj afirmirao kao pogonsko sredstvo riječnih brodova, njime su se počeli koristiti i na morskim brodovima. Istodobno s parnim strojima u brodogradnji se uvođe zeljezne brodске konstrukcije. To je bio drugi faktor koji je omogućio da se dimenzije riječnih brodova znatno povećaju, jer je njime riješen problem čvrstoće niskog a dugačkog trupa.

Bržem razvoju brodova unutrašnje plovidbe doprinijela je i nagla industrializacija Europe i USA tokom XIX i XX st. Industrijii je trebao efikasan i ekonomičan transport masovnih tereta pa je riječni saobraćaj dobio znatno veći značaj nego što ga je imao ikad ranije. Veliki zahvati na regulaciji plovnih rijeke i riječnih luka i sve veća potražnja za transportnim sredstvima stimulirali su gradnju i modernizaciju riječne flote, kao i razvoj specijalnih tipova riječnih brodova kako s obzirom na namjenu (teretni brodovi, terete teglenice, tankeri, tegljači itd.) tako i s obzirom na područje plovidbe (brodovi za plovidbu Rajnom, Dunavom, Temzom, određenim kanalima, itd.). Ispitivanjima modela riječnih brodova u posljednjih 30 godina znatno je poboljšan oblik trupa i sistem propulzije. Na brodovima unutrašnje plovidbe uvedeni su novi navigacijski instrumenti i moderne oprema, pa je plovidba rijeckama postala lakša i sigurnija a ekonomičnost broda veća. Posebni značaj za povećanje efikasnosti riječnog transporta ima pospenjeni prijelaz sa teglenica na guranje, što se je u USA počelo šire primjenjivati nakon 1930, a u Evropi nakon 1950.

Podjela brodova unutrašnje plovidbe. Brodovi unutrašnje plovidbe mogu se podijeliti na dvije osnovne grupe: na brodove bez vlastitog pogona ili teglenice i brodove s vlastitim pogonom.

Teglenica je vrlo jednostavan tip broda koji postoji uglavnom samo na rijeckama, a služi za prijevoz tereta. Kako nema pogonskog uredaja, teglenica ne može ploviti sama nego je tegli ili gura drugi brod, koji ima vlastiti pogon. Oblik trupa, konstrukcija i veličina teglenice moraju biti prilagođeni vodnom putu i vrsti tereta, pa stoga ima više tipova teglenica. S obzirom na teret teglenice se dijele na ove glavne tipove: teglenice za opći teret, za kontejnere, za rasuti i sipki teret, za tekući teret i za izbagerovani materijal (šljunak, mulj, kamenje). S obzirom na područje plovidbe teglenice se dijele na teglenice koje su namijenjene transportu na određenoj rijeći ili kanalu, na lučke teglenice i na teglenice za plovidbu u riječnim ušćima i eventualno i za malu obalnu plovidbu.

Glavni tipovi *brodova unutrašnje plovidbe koji imaju vlastiti pogon* jesu: teretni brodovi za opći teret, tankeri za prijevoz tekućeg tereta, putnički brodovi, tegljači i gurači, skele i trajekti. Teretni brodovi, bez obzira na to da li su namijenjeni prijevozu općeg ili tekućeg tereta, obično imaju i uređaje za tegljenje teglenica. I riječni brodovi s vlastitim pogonom mogu se podijeliti prema području plovidbe na tipove specijalno gradene za određeni plovni put.

Riječno-morski brodovi i brodovi na američkim Velikim jezerima posebni su tipovi brodova unutrašnje plovidbe. *Riječno-morski brodovi* su konstruirani tako da mogu ploviti i rijekama i morem, pa predstavljaju neki kompromis između riječnog i morskog broda. *Brodovi na Velikim jezerima* po svojoj veličini su jednaki velikim morskim teretnim brodovima, ali im je oblik trupa i raspored prostorija i opreme sasvim različit od oblika trupa i rasporeda prostorija bilo kojeg drugog tipa riječnog ili morskog broda.

Opće karakteristike brodova unutrašnje plovidbe. Specifični uvjeti plovidbe relativno uskim, a često i plitkim rijekama i kanalima, plovidba kroz brzace i prolazi kroz splavnice u velikoj mjeri uslovjavaju oblik, konstrukciju i način pogona brodova unutrašnje plovidbe.

Dimenzije riječnog broda ne mogu se odabrati polazeći samo od ekonomičnosti gradnje i rentabilnosti eksploatacije broda.

Dva riječna broda istog tipa, iste nosivosti i iste brzine mogu se znatno razlikovati u glavnim dimenzijskim karakteristikama ako je svaki od njih namijenjen plovidbi po drugoj rijeci.

Zbog ograničene dubine rijeke i gaz broda je ograničen. Na slobodnim riječnim tokovima s kamenjem, stijenama i panjevima na dnu riječnog korita gaz broda mora biti bar 0,5 m manji od dubine rijeke. Ako je dno rijeke očišćeno i ravno, dovoljno je da dubina vode ispod kobilice bude 0,2 m za teglenice a 0,1 m za tegljače. Dugi brodovi u uskim riječnim koritima s oštrim zavoјima trebaju veću dubinu vode ispod kobilice nego ako je tok rijeke ravan, bez zavoja. U kanalima i kanaliziranim rijeckama gaz broda je obično ograničen dubinom splavnika (brodskih komora), jer su splavnice redovito plići od samog kanala. Uzima se da je za prolaz kroz splavnicu potrebno da razmak između kobilice broda i praga splavnice bude najmanje 0,2 m.

Ograničenjem gaza broda automatski je ograničena i dužina i širina broda. Omjer dužine, odnosno širine, i gaza broda mora ostati unutar određenih granica da bi trup broda imao potrebnu uzdužnu i poprečnu čvrstoću. Ali dužina i širina broda su ograničeni i vanjskim faktorima kao što su: dimenzije splavnika, širina plovног puta, oštri zavoji riječnog toka itd.

Brodovi koji prolaze kroz jednostavne male splavnice moraju biti najmanje 0,2 m kraći i uži od najkratče i najuže splavnice. U velikim modernim splavnicama za prolaz velikih riječnih brodova širokih 10...12 m zahtijeva se veća razlika između tlocrtnih dimenzija splavnice i broda. Obično se traži da brod bude 2...3 m kraći i 1,5...2 m uži od splavnice.

Ako u riječnom toku postoje jaki zavoji i brzaci, brod ne smije biti suviše dugačak jer se dugim brodom teško manevrira. U uskim riječnim tokovima ili kanalima širina broda je često ograničena da bi se dva broda mogla mimoći.

Konačno, glavne dimenzije broda treba odabrati tako da otpor broda, zbog ograničene dubine i širine plovног puta, ne bude suviše velik. Ispitivanja modela su dokazala da otpor broda u kanalu ili uskoj rijeci najviše ovisi o omjeru površine poprečnog presjeka kanala ili rijeke A_k i površine glavnog rebra broda A_M . Taj je omjer važniji nego omjer dubine vode i gaza broda h/T . Da bi plovidba broda kanalom ili rijekom bila ekonomična, tj. da otpor broda ne bi bio suviše velik, omjer A_k/A_M ne smije ni u kojem slučaju biti manji od 4,5, a što je brzina broda veća to i taj omjer mora biti veći.

Prema tome, pri izboru glavnih dimenzija riječnog broda projektant mora voditi računa o velikom broju faktora koji pri projektiranju morskog broda ne postoje. U stvari, riječni brod se uvijek projektira za jedan određeni vodni put, uzimajući u obzir sve osobnosti tog vodnog puta i prilagodavajući dimenzije broda uvjetima plovidbe tim vodnim putom.

Zbog konfiguracije riječnog ili kanalskog korita i zbog nejednolikog rasporeda brzina strujanja vode u riječnom toku problemi otpora i propulzije daleko su složeniji za riječne brodove nego za morske. Vrlo je teško reći koji se otpor broda smatra mjerodavnim, da li otpor na najplićem dijelu rijeke ili na nekoj srednjoj dubini koja predstavlja prosječnu dubinu čitavog toka rijeke, kad dubina ovisi ne samo o konfiguraciji riječnog korita nego i o visini vodostaja. Daljnju komplikaciju predstavlja nejednolikost i nepravilnost rasporeda brzine riječne struje. Baš zbog te nemogućnosti da se potpuno određeno definiraju uvjeti čitavog plovног puta, teorijska analiza i čisto računsko određivanje otpora na vodi primjenljive dubine ne mogu dati rezultat koji općenito važi i koji je potpuno pouzdan. Ni ispitivanja otpora modela riječnih brodova ne daju sasvim tačan rezultat, jer ako se u tačnom mjerilu i reproducira korito rijeke, nemoguće je postići sličan raspored brzina strujanja vode na modelu i u naravi. Stoga svi proračuni otpora i sva ispitivanja modela riječnih brodova daju više kvalitativno a manje kvantitativno tačne rezultate. Pobliže o otporu broda na plitkoj vodi i o metodama proračuna vidi poglavje Otpor broda u članku Brod.

Kao što se glavne dimenzije i oblik trupa broda unutrašnje plovidbe ne mogu odabrati polazeći samo od zahtjeva optimalnog stepena nosivosti i optimalnog otpora broda, tako postoje brojna ograničenja i u pogledu slobode izbora tipa i karakteristika propulzora. Ograničeni gaz broda redovito ne dozvoljava da promjer brodskog vijka bude optimalan, već nužno mora biti manji.

Zato veći brodovi unutrašnje plovidbe sa snažnjim pogonskim strojevima imaju više vijaka, čak i do četiri, jer jedan vijak malog promjera ne bi mogao preuzeti svu raspoloživu snagu, te bi imao vrlo nizak stepen djelovanja. Ali vijci riječnih brodova nemaju nizak stepen djelovanja samo zato što im je promjer manji od optimalnog pa je stoga broj okretaja veći, nego su oni pored toga i relativno jako opterećeni (većina riječnih brodova s vlastitim pogonom su tegljaći), a na stepen djelovanja vijka nepovoljno djeluje i vrlo nepravilno pritjecanje vode vijku, izazvano ograničenom dubinom vode i nejednolikim brzinama riječnog toka. Sve ove okolnosti, osim što smanjuju stepen djelovanja, često su uzrok i kavitiranju vijka, što još više pogoršava situaciju.

Da bi se poboljšao stepen djelovanja vijka, danas riječni brodovi redovito imaju vijak u sapnici. Sapnica djelomično kompenzira gubitke uslijed smanjenog promjera vijka, homogenizira brzine vodenog mlaza u ravnini vijka, a posebno povoljno djeluje u slučaju jako opterećenih vijaka. Sapnica ujedno štiti krila vijka od oštećenja kad brod krmom zapne ili nasjedne na sprud ili na dno rijeke. Veliki broj riječnih brodova, a naročito noviji brodovi, imaju obične vijke ili vijke u sapnici smještene u tunelima ispod krme broda. Tunel omogućava da promjer vijka bude veći nego kad bi iznad vijka bila slobodna površina vode, pa čak i veći od gaza broda, što je naročito važno za brodove koji stalno ili veći dio vremena plove plitkim vodama. Slično kao sapnica, i tunel doprinosi ujednačavanju brzina strujanja vode koja pritječe vijku, uz pretpostavku da je oblik tunela pravilno odabran.

Većina brodova unutrašnje plovidbe ima pogon na brodski vijak, ali kako vijak u određenim uvjetima nužno mora imati relativno nizak stepen djelovanja, a na sasvim plitkoj vodi se ni ne može upotrijebiti, osim vijka se upotrebljavaju i drugi tipovi propulzora: bočni kotači, kotač na krmi, Voith-Schneiderov propeler i mlazni propulzor.

Bočni kotači dolaze u obzir samo za brodove koji imaju uglavnom uvijek isti gaz, a kotač na krmi također zahtijeva gotovo konstantan gaz na krmi. Voith-Schneiderov propeler je pogodan za brodove koji moraju imati naročito dobra manevarska svojstva, ali ne odgovara za plovidbu po vrlo plitkoj vodi jer se lako ošteći. Mlazni propulzor se upotrebljava na manjim riječnim brodovima vrlo malog gaza koji plove vrlo plitkim vodama. O načinu djelovanja, izvedbi, prednostima i nedostacima svih navedenih tipova propulzora vidi poglavje Propulzija broda u članku Brod.

Brodovi unutrašnje plovidbe često plove uskim kanalima i ne-reguliranim rijeckama, prolaze kroz splavnice, pristaju i manevriraju u skućenom prostoru gdje na brod još djeluje i riječna matica, pa stoga moraju imati daleko bolja manevarska svojstva nego normalni morski brodovi. Veliki riječni brodovi zbog svoje dužine i pravokutnog poprečnog presjeka nemaju oblik trupa naročito povoljan za okretnjivost broda, ali zahvaljujući tome što imaju više vijaka i više kormila, ipak dobro kormilare. Radi što boljeg kormilarenja riječni brodovi imaju veća kormila nego morski brodovi a ponekad se efikasnost kormilarenja povećava specijalnim rasporedom kormila i dodavanjem posebnih malih kormila ispred vijaka. Sapnica također može poslužiti kao vrlo efikasno kormilo ako se izvede tako da se može okretati oko svoje vertikalne osi. U zakrenutom položaju sapnica usmjeruje mlaz vijka bočno pa djeli je kao mlazno kormilo. Manevribilnost riječnih brodova se povećava i primjenom specijalnih tipova propulzora kao što su vijci s prekretnim krilima, Voith-Schneiderovi propeleri i mlazni propulzori. Detaljnije o kormilarenju u vodama ograničene dubine i širine vidi poglavje Kormilarenje u članku Brod.

Konstrukcija brodova unutrašnje plovidbe. Na unutrašnjim vodnim putovima, s izuzetkom nekih većih jezera, valovi nisu tako veliki da bi izazvali jače napone u brodskoj konstrukciji. Općenito, uvjeti plovidbe unutrašnjim vodama su u pogledu vanjskih opterećenja brodske konstrukcije, djelovanja korozije i mogućnosti popravaka broda znatno povoljniji nego na moru. Ipak, problem uzdužne čvrstoće postoji kod riječnih brodova malog gaza i male bočne visine a velike dužine i širine i kad su na mirnoj vodi, a naročito ako su skladišta tereta opterećena neravnomjerno. Da gaz ne bi bio velik, konstruktivni dijelovi broda moraju biti relativno lagani, a ako je i bočna visina malena, potrebna su posebna uzdužna pojačanja da preuzmu uzdužne momente savijanja. Kao uzdužna pojačanja obično služe jake i neprekinute pražnice

grotala, pojačani završni voj oplate, pojačana puna ograda palube, uzdužne pregrade, uzdužni zračni tankovi na bokovima ispod palube itd. Ako je krma izvedena sa velikim tunelima za vijke, težina je krmene konstrukcije veća od uzgona na tom dijelu trupa pa krmu treba povezati jakim uzdužnim pojačanjima sa srednjim dijelom trupa.

Riječni brodovi obično imaju poprečna rebra i rebrenice, nemaju dvodno, a ponekad ni kobilicu ni pasmo. Uzdužni sistem gradnje se primjenjuje vrlo rijetko. Za dimenzioniranje elemenata trupa riječnih brodova postoje posebni propisi klasifikacionih društava, ali se često brodovi unutrašnje plovidbe grade s elementima jačim od propisanih, ili se propisi klasifikacionih društava uopće ne uzimaju u obzir. Međunarodni propisi za morske brodove, kao što su Konvencija o nadvođu i Konvencija o sigurnosti života na moru, ne važe za riječne brodove, nego su pojedine zemlje izdale svoje vlastite propise kojima se regulira nadvode, mjere sigurnosti i uvjeti života na brodovima unutrašnje plovidbe.

Uredaji i oprema brodova unutrašnje plovidbe. Razlika između uredaja i opreme brodova unutrašnje plovidbe i morskih brodova sličnog tipa i veličine jest u kapacitetima i izvedbi, jer su na brodovima unutrašnje plovidbe oprema i uredaji jednostavniji, lakši i manje snažni nego na morskim brodovima. Osim toga brodovima unutrašnje plovidbe nisu potrebni svi uredaji koje imaju morski brodovi ili koji su za njih obavezni.

Za pogon brodova unutrašnje plovidbe danas se uglavnom upotrebljavaju dizel-motori. Znatno je rjedi pogon parnim strojem ili dizel-električki pogon. Snaga pogonskih uredaja brodova unutrašnje plovidbe (izuzimajući brodove Velikih jezera i riječno-morske brodove) rijetko prelazi 2000 KS. Veće snage nisu potrebne jer su brodovi unutrašnje plovidbe relativno maleni i lagani, a brzina im je ograničena kako radi sigurnosti plovidbe tako i da se spriječi oštećivanje obala rijeka i kanala valovima koje stvara brod pri većim brzinama. Najače pogonske uredaje imaju veliki riječni teglači koji služe za tegljenje većeg broja teglenica.

Zbog ograničenog promjera vijak riječnog broda ima redovito brzinu okretanja veću od $250\text{--}300 \text{ min}^{-1}$, pa su stoga pogonski dizel-motori ovih brodova srednje brzi ili brzohodni, a vezani su na propellersku osovinu direktno ili preko reduktora. Sporohodni dizel-motori upotrebljavaju se samo izuzetno, i to ako brod ima pogon kotačima. Dizel-električki pogon se također vrlo rijetko upotrebljava na riječnim brodovima jer je skup i komplikiran. Taj sistem pogona dolazi u obzir samo za riječne teglače koji mnogo manevriraju i za riječne putničke brodove s Voith-Schneiderovim propelerima. Parni stroj je suviše težak i glomazan za relativno male brodove unutrašnje plovidbe, pa danas još jedino služi za pogon broda s kotačima u nerazvijenim područjima gdje je jednostavnost i sigurnost pogona primarni zahtjev i gdje ne postoje mogućnosti održavanja i popravaka dizel-motora.

Pomoći strojevi u strojarnici su slični kao na morskim brodovima, ali ih ima manje, jer su nepotrebni evaporatori, nekoliko dizel-generatora itd. Zbog toga što imaju veća kormila, koja se moraju prekretati većom brzinom i za veće kutove, riječni brodovi imaju jače kormilarske strojeve nego morski brodovi. Brodovi unutrašnje plovidbe većinom nemaju teretna vitla već se teret krca lučkim ili palubnim okretnim dizalicama. Rjeđi su brodovi koji imaju jarbol sa samaricom za dizanje tereta. Sidreno vilo je manje i slabije nego na odgovarajućim morskim brodovima jer brodovi unutrašnje plovidbe imaju lakša sidra a na rijekama su i dubine sidrenja znatno manje nego na moru.

Oprema palube brodova unutrašnje plovidbe je jednostavna. Na palubi su učvršćene bitve i zjevače za užad za privez broda, a priteznih vitala obično nema. Ogradu palube imaju samo brodovi s vlastitim pogonom. Ta je ograda obično niža nego na morskim brodovima. Niske su i pražnice grotala, a pokrovi grotala su drveni ili čelični. Jarbol je većinom lagan i kratak jer obično služi samo za signalna svjetla, signalne oznake i zastave. Radi prolaza ispod mostova jarbol se može preklopiti oko zglobo iznad palube.

Navigacijska oprema brodova unutrašnje plovidbe također je jednostavnija nego na morskim brodovima. Navigacija na unutrašnjim vodama je lakša nego na moru utoliko što je položaj broda uvek poznat, a kurs broda se određuje prema plovnim označama ili prema obali rijeke ili kanala. Stoga brodu nisu potrebni

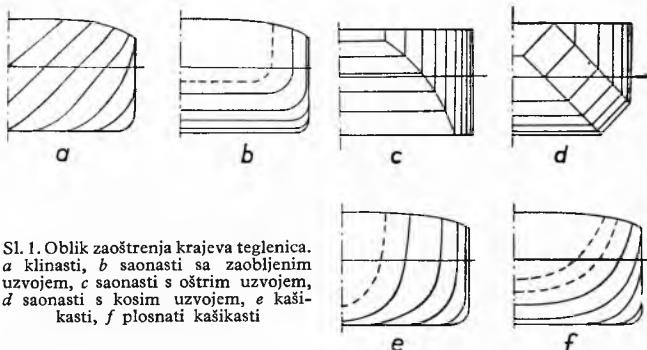
kompasni radio-uredaji za određivanje tačnog položaja broda. Navigaciju otežavaju sprudovi, plićaci i podvodne stijene, pa pri niskom vodostaju i na nereguliranim i neoznačenim vodnim putovima treba provjeravati dubinu vode da se brod ne bi nasukao. Dubina vode se mjeri ispred pramca pomoću kalibriranih motki, a moderni brodovi imaju ugrađene ultrazvučne dubinomjere. Radi sigurnije navigacije pri slabo vidljivosti i riječni brodovi sve više upotrebljavaju radar. Brodovi unutrašnje plovidbe ne moraju obavezno imati radio-predajnike.

Ne postoje međunarodni propisi za opremu za spasavanje na brodovima unutrašnje plovidbe, ali su pojedine zemlje donijele svoje vlastite propise. Obično je određen broj pojasa ili prsluka za spasavanje, a čamci za spasavanje se ne zahtijevaju.

TEGLENICE

Teglenica je najbrojnija vrsta broda unutrašnje plovidbe a i najjednostavniji tip broda uopće. Nema pogonskog uredaja, konstrukcija trupa je jednostavna, opreme ima vrlo malo, a kako skoro čitav prostor u trupu služi kao skladište tereta, teglenica ima vrlo visok stepen nosivosti, često veći od 0,80. Zbog niskih troškova gradnje, niskih pogonskih troškova (troškovi održavanja teglenice su minimalni, a broj posade vrlo malen) i visokog stepena nosivosti, teglenice imaju jeftinije vozarine od drugih brodova. Transport teglenicama je prilično spor pa stoga one nisu prikladne za prijevoz lako pokvarljive robe i skupog ili osjetljivog komadnog tereta, ali ako se radi o masovnom teretu, prijevoz je teglenicama jeftiniji nego bilo kojim drugim transportnim sredstvom.

Oblik trupa i otpor teglenice. Trup teglenice se sastoji od dugačkog paralelnog srednjaka i manje ili više zaštenih krajeva. Brzina kojom plove teglenice je mala, obično između 4 i 8 km/h, pa bi trebalo da se pretežan dio otpora sastoji od otpora trenja ovisnog samo o oplakanoj površini teglenice. Ipak, i oblik teglenice osjetno utječe na otpor jer su jednostavne forme trupa često uzrok vrlo velikog otpora pritiska i virova, naročito kad brod plovi vodom ograničene dubine i širine. Tako npr. sandučast oblik trupa s oštrim, pravokutnim uzvojem dna (prijelazom dna u bokove) i kratkim, tupim zaoštrenjem krajeva može imati i preko 30% veći ukupni otpor od trupa sa zaobljenim uzvojem dna i oštrijim krajevima. Ošti uzvoji dna i tupi krajevi su pored hrapave i neravne opalte glavni razlog da drvene teglenice imaju i do 50% veći otpor od čeličnih.



Sl. 1. Oblik zaoštrenja krajeva teglenica.
a) klinasti, b) saonasti sa zaobljenim uzvojem, c) saonasti s oštrim uzvojem, d) saonasti s kosim uzvojem, e) kašikasti, f) plosnati kašikasti

Postoje tri osnovna oblika zaoštrenja krajeva teglenice: klinasti, kašikasti i saonasti oblik (sl. 1). Klinasti oblik je sa V-rebrima. Kašikasti oblik ima U-rebra koja mogu biti jače otvorena, gotovo polukružna, kao na sl. 1 f, ili su sličnija U-rebrima samohodnih brodova, kao na sl. 1 e. Saonasti oblik ima pravokutna rebra (ravno dno i okomite bokove), kojima se površina postepeno smanjuje, a uzvoj dna može biti zaobljen, oštar ili kos sa dvostrukim zgibom.

Teglenice ne moraju biti potpuno simetrične, tj. oblik pramca i krme mogu biti različiti. Oblik pramca ima veći utjecaj na otpor teglenice, a oblik krme na njena kormilarska svojstva. Na svim dubinama vode su za otpor teglenice povoljna duboka U-rebra na pramcu a plosnata, otvorena U-rebra na krmi. Na dubokoj vodi klinasti oblik ima veći a na plitkoj manji otpor nego kašikasta ili saonasta forma, osim na sasvim plitkoj vodi kad je omjer

BRODOVI UNUTRAŠNJE PLOVIDBE

dubine vode i gaza teglenice $h/T < 2$. Na takoj plitkoj vodi najmanji otpor ima saonasti oblik teglenice. Inače, s obzirom na otpor, klinasti i kašikasti pramac odgovaraju ako se teglenice tegle jedinačno ili sa razmakom među njima, a saonasti pramac je bolji ako su teglenice vezane u zbijenoj formaciji. Obli uzvoj dna je u pogledu otpora najbolji, oštri uzvoj povećava otpor ali daje i bolju stabilnost kursa teglenice, a kosi uzvoj je u svakom pogledu najnepovoljniji.

Zbog vrlo punih oblika trupa, teglenice imaju visoke koeficijente forme. Najčešće vrijednosti tih koeficijenata jesu: koeficijent istisnine $\delta = 0,80 \dots 0,95$; koeficijent glavnog rebra $\beta = 0,99 \dots 1,0$, a koeficijent vodne linije $\alpha = 0,85 \dots 0,95$. Na otpor ima najveći utjecaj koeficijent istisnine δ , pa ako je $\delta > 0,90$, otpor teglenice je vrlo velik i pri malim brzinama. Stoga za veće brzine teglenja, odnosno za teglenice koje plove kroz brzice pa je u uzvodnoj vožnji njihova brzina s obzirom na vodu visoka, koeficijent istisnine bi morao biti $\delta < 0,84$, ako se želi da plovidba bude ekonomična.

Omjeri glavnih dimenzija teglenice također utječu na otpor, ali kako su glavne dimenzije često određene uvjetima plovнog puta, čvrstoće trupa i zahtjevā nosivosti, to su time i omjeri glavnih dimenzija manje-više unaprijed određeni pa nema mnogo slobodnog izbora. Na plitkoj vodi neograničene širine otpor teglenice najviše ovisi o gazu, odnosno o omjeru dubine vode i gaza, pa već malo povećanje gaza može izazvati znatno povećanje otpora. Da bi pri brzinama koje odgovaraju Froudeovom broju $V/\sqrt{gL} < 0,15$ na dubokoj vodi, odnosno $V/\sqrt{gL} < 0,12$ na plitkoj vodi, otpor teglenice bio nizak, dužina paralelnog srednjaka ne bi smjela prelaziti $0,60 \dots 0,64 L$.

Otpor se povećava i uslijed zaščitanja teglenice za vrijeme teglenja. To povećanje otpora ne ovisi samo o kutu zaščitanja nego i o obliku trupa. Približne vrijednosti procentnog povećanja ukupnog otpora teglenice uslijed zaščitanja iznose:

kut zaščitanja:	5°	10°
povećanje otpora: kašikasti pramac	3%	25%
saonasti pramac	12%	44%
klinasti pramac	10%	32%

Stoga je važno da teglenica ima što bolju stabilnost kursa, što se postiže ugradnjom uzdužnih perajica i stabilizatora na skošnom podvodnom dijelu krme.

Otpor sastava teglenica. Otpor teglenice ne ovisi samo o obliku njenog trupa nego i o načinu teglenja. Teglenice se mogu tegliti u nizu, jedna iza druge sa većim ili manjim razmakom među njima, može se nekoliko teglenica vezati neposredno jednu iza druge i jednu uz drugu pa tako sastaviti zbijene formacije različitog oblika i, konačno, teglenice se mogu gurati. Otpor pojedinih teglenica i otpor cijelokupne formacije je u različnim kombinacijama sastavljanja teglenica različit.

Do sada su vršena mnogobrojna ispitivanja otpora različito formiranih sastava teglenica, da bi se odredila najpovoljnija kombinacija. Međutim, sam oblik pojedinih teglenica, konfiguracija plovнog puta, dubina vode itd. pružaju bezbroj mogućih varijacija, pa do sada nije odredena neka apsolutno najbolja formacija sastavljena od većeg broja teglenica. Kao mjerilo dobrote sastava teglenica s obzirom na otpor služi tzv. *koeficijent sastava k_s* koji predstavlja omjer između ukupnog otpora čitavog sastava R_s i sume individualnih otpora R_i svih teglenica koje se nalaze u sastavu:

$$k_s = \frac{R_s}{\sum_{i=1}^n R_i}.$$

Veličina koeficijenta sastava k_s ovisi o načinu formiranja sastava, o razmaku među teglenicama, o obliku trupa teglenica, o dubini i širini vodnog puta, o dužini vučnog užeta teglača i o stabilnosti kursa čitavog sastava. Rezultati dosadašnjih ispitivanja stvarnih sastava teglenica pokazuju da koeficijent sastava k_s praktički ne ovisi o brzini plovidbe. U tablici 1 prikazane su vrijednosti koeficijenta k_s za razne vrste sastava (jedne uz drugu) zbijenih i čvrsto vezanih teglenica. Ovi su koeficijenti određeni ispitivanjima modela i imaju više kvalitativni karakter.

Tablica 1
OTPOR SASTAVA TEGLENICA

Oblik sastava teglenica (smjer plovidbe ←→)	Koefficijent sastava k_s za teglenice	
	klinaste	saonaste
— — — — —	0,80	0,81
— — — — — —	0,70	0,76
— — — — — — —	0,62	0,75
— — — — — — — —	1,13	0,85
— — — — — — — — —	0,79	0,75
— — — — — — — — — —	0,84	0,80
— — — — — — — — — — —	0,70	0,77
— — — — — — — — — — — —	0,60	0,76
— — — — — — — — — — — — —	0,58	0,67
— — — — — — — — — — — — — —	0,65	0,63
— — — — — — — — — — — — — — —	0,62	0,70
— — — — — — — — — — — — — — — —	1,18	0,81
— — — — — — — — — — — — — — — — —	0,60	0,67
— — — — — — — — — — — — — — — — — —	0,81	0,63
— — — — — — — — — — — — — — — — — — —	0,75	0,70
— — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	0,68	0,73
— —	0,68	0,75

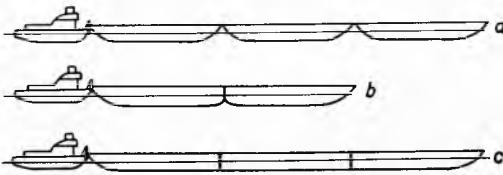
Povećanjem razmaka između teglenica raste vrijednost k_s , pa npr. za dvije teglenice vezane u nizu jedna iza druge s razmakom među njima jednakim 0,6 njihove dužine koeficijent sastava postaje $k_s = 1$. Dimenzije vodnog puta počinju utjecati na koeficijent k_s tek ako je $h/T \leq 2$ i omjer širine kanala i širine sastava teglenica jednak ili manji od 6.

Ako su teglenice vezane blizu iza krme teglača, njihov otpor se povećava zbog djelovanja propellerskog mlaza. Povećanje otpora će biti to veće što je razmak između teglača i teglenica manji i što je snaga teglača veća. Ali otpor čitavog sistema teglač + + teglenica poraste i u slučaju kad je razmak između teglača i teglenice suviše velik, jer tada dugačko uže za teglenje, koje je uslijed ugiba djelomično utrojeno u vodu, stvara dodatni otpor. Optimalni razmak između teglača i teglenice u uzvodnoj vožnji dat je u zavisnosti od snage teglača ovim brojkama (prema Zvonkovu):

Snaga teglača, KS	Optimalna dužina vučnog užeta, m
do 120	80 … 150
120 … 300	150 … 200
300 … 500	200 … 250
500 … 800	250 … 300
800 … 1200	300 … 350

U nizvodnoj vožnji taj razmak može biti 25 … 50% manji.

U novije vrijeme teglenje teglenica sve se više zamjenjuje guranjem teglenica kao ekonomičnijim i efikasnijim sistemom plovidbe (sl. 2). Kompaktni sastav teglenica s guračem djeluje više kao jedna cjelina, iako zbog krmnenog i pramčanog zaoštrenja



Sl. 2. Gurani sastav teglenica. a) obične teglenice, b) poluintegrirane teglenice, c) sekcijske teglenice

teglenica postoji među teglenicama u visini plovne водне linije izvjestan razmak. U uspoređenju sa teglenjem, gurani sastav ima manji ukupni otpor, stepen djelovanja vijke gurača iza formacije teglenica bolji je od stepena djelovanja vijke teglača ispred teglenica, guranim sastavom se bolje kormilari a i zaoštrenje je

manje nego kad je sastav tegljen. Zbog toga je uz istu pogonsku snagu brzina guranog sastava veća od brzine tegljenog sastava, a koeficijent sastava k_s je niži. U tablici 2 prikazan je omjer brzine guranog sastava V_g i brzine tegljenog sastava V_t , te koeficijent sastava k_{sg} u slučaju guranja i koeficijent sastava k_{st} u slučaju tegljenja, za nekoliko različitih zbijenih formacija teglenica. Podaci u tablici 2, dobiveni ispitivanjima stvarnih sastava teglenica, očito pokazuju prednost guranja teglenica pred tegljenjem.

Tablica 2

UPOREDENJE BRZINE I OTPORA TEGLJENIH I GURANIH SASTAVA

Oblik sastava teglenica (smjer plovidbe →)	V_g/V_t	k_{sg}	k_{st}
—	1,06	—	—
— —	1,08	0,73	0,81
— — —	1,05	0,87	0,88
— — — —	1,10	0,64	0,72
— — — — —	1,04	0,83	0,80
— — — — — —	1,13	0,57	0,69
— — — — — — —	1,12	0,67	0,79
— — — — — — — —	1,10	0,65	0,75
— — — — — — — — —	1,13	0,71	0,89

Teglenice odredene za vožnju u guranom sastavu moraju imati oblik trupa koji će se dobro uklopiti u sastav, da bi čitava formacija imala što manji otpor. Kako gurani sastavi plove većim brzinama od tegljenih sastava, to i oblik teglenica mora odgovarati za te veće brzine. Dosadanja iskustva pokazuju da je za teglenice guranih sastava povoljan kašikasti ili saonasti oblik pramca i saonasti oblik krme. Kašikasti oblik pramca je bolji za veće brzine a teglenice sa saonastim pramicem su jeftinije za izvedbu. Teglenica treba da ima na pramcu zrcalo kojim se upire na teglenicu ispred nje. Donji rub pramčanog zrcala mora biti tako visoko iznad plovne vodne linije da ga nikad ne zapljuškaje pramčani val. Povoljno je da krmeno zrcalo bude uvek djelomično uronjeno u vodu, jer se time smanjuje uspon dna na krmnom zaoštrenju pa stoga i otpor teglenice, a smanjuje se i slobodna površina vode između prednje i stražnje teglenice, što smanjuje otpor čitavog sastava.

Prema Pavlenku pramčano zaoštrenje ove vrste teglenice treba da je jednako $3\cdots 4 T$ a krmeno zaoštrenje $7\cdots 8 T$. Radijus uzvoja dna treba da je malen radi bolje stabilnosti kursa guranog sastava. Ne preporuča se potpuno oštar uzvoj jer suviše povećava otpor. Prosječni omjeri glavnih dimenzija ovih teglenica iznose: $L/B = 4,5\cdots 6$, $B/T = 4,5\cdots 9$, $H/T = 1,25\cdots 1,50$ a koeficijenti forme trupa: koeficijent istisnine $\delta = 0,75\cdots 0,86$, koeficijent glavnog rebra $\beta = 0,985\cdots 0,997$, koeficijent vodne linije $a = 0,90\cdots 0,99$.

U USA postoji poseban tip guranog sastava, tzv. integrirani sastav (sl. 3). Integrirani sastav je u stvari brod sastavljen od više neovisnih sekacija koje su među sobom čvrsto povezane. Sve sekცije, osim pramčane i krmene, jednakih su dimenzija i jednakog, potpuno prizmatičkog oblika, tj. svi koeficijenti forme trupa su ≈ 1 . Pramčana sekacija je teglenica sa zaoštrenim prednjim krajem, većinom saonaste forme, a stražnji kraj ima zrcalo istog pravokutnog oblika kao i krajevi ostalih sekacija. Krmena sekacija nosi pogonski uredaj i kormila, a umjesto zaoštrenog pramca ima zrcalo jednako kao krajevi teretnih sekacija. Integrirani sastav ima znatno manji otpor nego gurani ili tegljeni sastav.

Konstrukcija trupa teglenice. Teglenice su obično građene sa poprečnim sistemom rebara; uzdužni sistem gradnje se primjenjuje vrlo rijetko. Glavni elementi poprečne čvrstoće trupa teglenice su poprečna rebra, poprečne pregrade i rebrenice sa proturebrima na dnu teglenice. Rebrenica i protubrebro se sve više zamjenjuju odgovarajućom prirubljenom pločom privarenom na poprečno rebro. Uzdužnu čvrstoću daje oplata bokova, neprekinute uzdužne pražnice grotala poduprte poprečnim pregradama i eventualno uzdužni neprekinuti sandučasti nosači izvedeni kao zračni tankovi duž bokova teglenice. Uzdužne bočne proveze i palubne poveze obično ne postoje, jer takva konstruk-

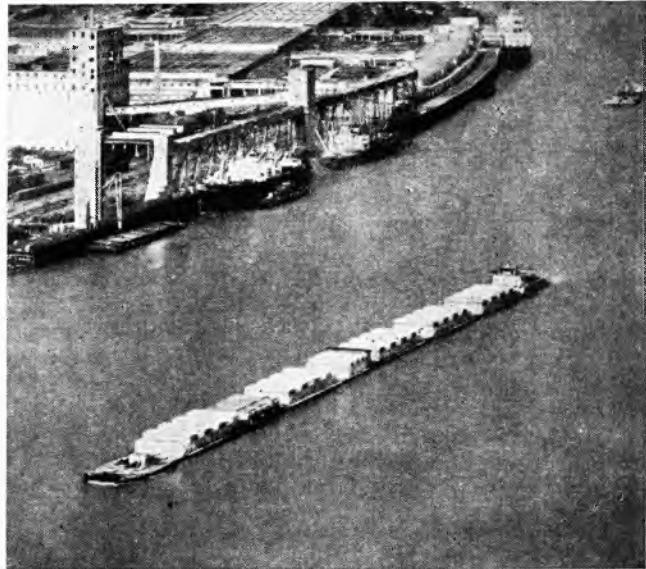
cija iziskuje i poprečna okvirna rebra koja znače gubitak korisnog tovarnog prostora. Jedino teglenice koje prevoze teret samo na palubi, pa su izvedene kao potpuno zatvoreni pontoni, imaju poprečna okvirna rebra sa uzdužnim provezama i podvezama. Uzdužna pasma na dnu teglenice, ukoliko postoje, položena su na rebrenice ili su ugradena interkostalno.

Elementi trupa malih teglenica se dimenzioniraju tako da teglenica bude dovoljno čvrsta s obzirom na lokalne udarce i na djelovanje korozije, a elementi trupa velikih teglenica se određuju prema zahtjevima uzdužne i poprečne čvrstoće. Obično su elementi trupa teglenica jači nego što to zahtijevaju propisi klasifikacionih društava.

Najveći dio trupa teglenice zauzimaju skladišta tereta. Skladišna grotla mogu biti izvedena različito, mogu biti zatvorena poklopци ili stalno otvorena, tj. bez poklopaca. Najčešće je samo jedno dugačko i široko grotlo, ali na vrlo dugim teglenicama, radi uzdužne čvrstoće, može postojati više kraćih širokih grotala, odnosno grupe od po dva paralelna uža grotla sa uzdužnim i poprečnim prolazima između pražnica. Veći broj kraćih grotala odgovara za teglenice koje imaju vlastite uređaje za krcanje tereta. Poklopci grotala ili su obični drveni ili su čelični izvedeni kao klizna vrata na kotačićima. Između uzdužne pražnica grotla i boka teglenice obično je prolaz širok 0,5...1 m. Na dijelu palube gdje su tovarni prostori teglenice nemaju nikakvu ogradu.

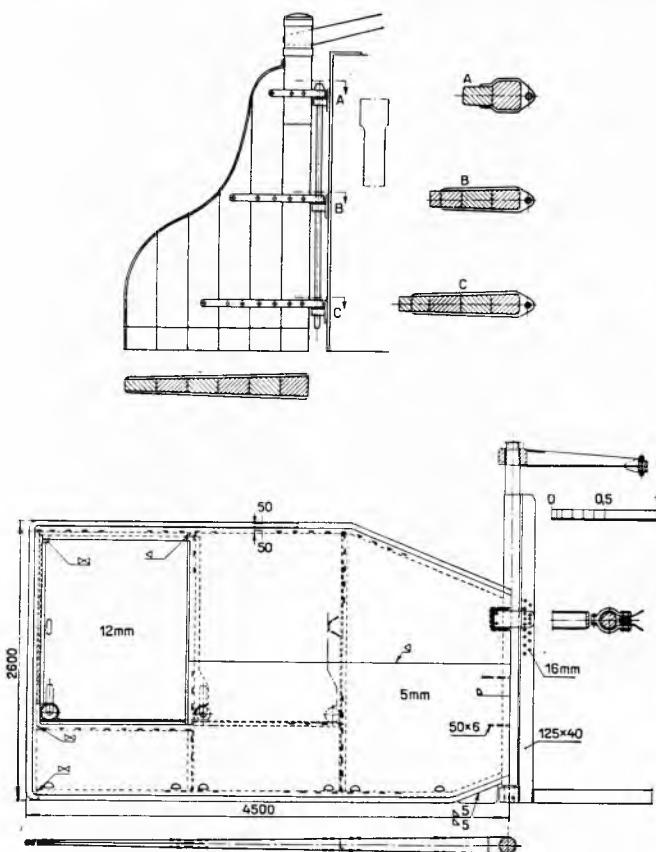
Prema evropskim propisima za brodove unutrašnje plovidbe teglenica smije gaziti sve do ruba palube ako je visina pražnica grotla jednaka ili veća od 30 cm, a grotla nisu otvorena. Za otvorena grotla bez pokrova zahtijeva se nadvode od 10 do 50 cm, ovisno o prilikama na vodnom putu.

Na vodnim putovima gdje nema nikakvih valova teglenice mogu biti bez skoka palube, a na pramcu imaju samo nisku punu ogradu koja djeluje kao valobran. Na rijeckama i jezerima gdje postoje nešto veći valovi, paluba teglenice ili ima čitava lagani skok ili joj je srednji dio ravan, a samo na pramcu i krmu radi sigurnosti ima skok.



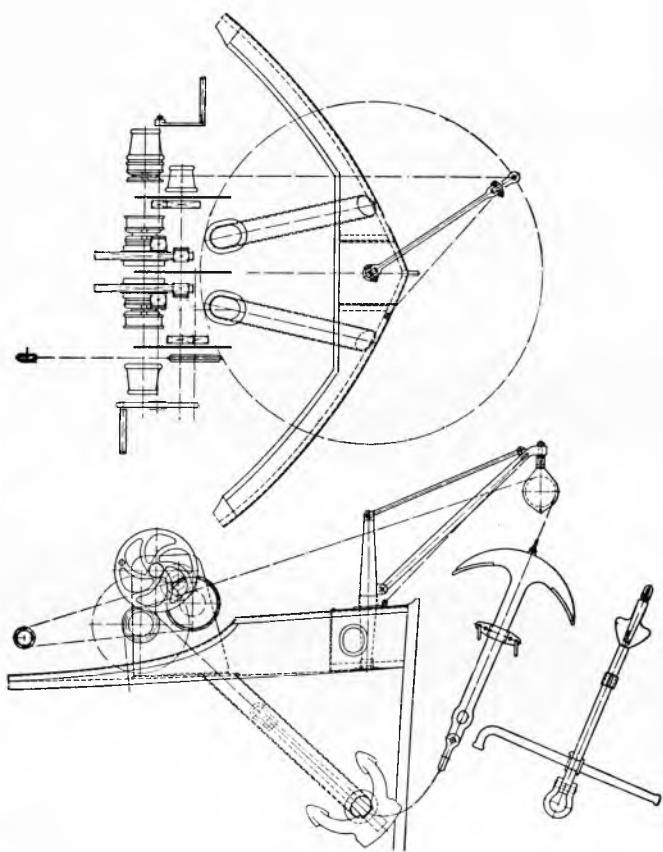
Sl. 3. Integrirani sastav teglenica

Oprema teglenica. Najveći dio trupa teglenice zauzimaju skladišta tereta, a samo na pramcu i krmu mogu biti nastambe za posadu i spremišta za užad, alat itd. Ako na teglenici postoje nastambe, one su redovito smještene u kućici koja je djelomično upuštena u palubu. Krmene nastambe služe za kormilara i njegovu porodicu, a obično se sastoje od kuhinje, spavaće prostorije i prostorije za dnevni boravak. U pramcu može biti još jedna kabina za mornara. Nastambe su većinom bez ikakvih električkih instalacija. Ako električka instalacija postoji, kao izvor struje služi mali generator sa benzinskim motorom ili je predviđen priključak na vanjsku mrežu kad je teglenica u luci.



Sl. 4. Kormilo teglenice. a drveno kormilo sa suženim gornjim dijelom, b plošno kormilo s otvorenim

Kormilo teglenice je na ručni pogon. Kad teglenica nije natovarena, njen je gaz vrlo malen, daleko manji nego bilo kojeg drugog tipa broda. Velika razlika dubine urona kormila opterećene i neopterećene teglenice predstavlja teškuču pri projektiranju kormila. Površinu kormila treba odabratiti tako da bude dovoljno velika za kormilarenje teglenicom na lakom gazu, a ne suviše velika kad je teglenica natovarena, jer se kormilo ne bi moglo ručno prekretati. To se postiže posebnim oblikom kormila; donji dio je dugačak a gornji sužen, ili je kormilo pravokutno s otvorom na gornjem dijelu (sl. 4). Moderne teglenice od kojih se traže izvrsna kormilarska svojstva imaju dva ili tri kormila. Ta su kormila polubalansna, da bi se mogla ručno prekretati. Na manjim teglenicama kormilo se prekreće rudom direktno pričvršćenim na osovinu kormila. Veće teglenice imaju kormilarsko kolo vezano preko zupčanog prijenosa ili lanca na osovinu kormila ili na kvadrant. Kormilarsko kolo je velikog promjera da se lakše savlada sila na kormilu; smješteno je u maloj kućici na palubi krme a može biti postavljeno vertikalno, kao na morskim brodovima, ili horizontalno. Kućica kormilarnice uvijek nadvisuje kućicu krmenih nastambi.



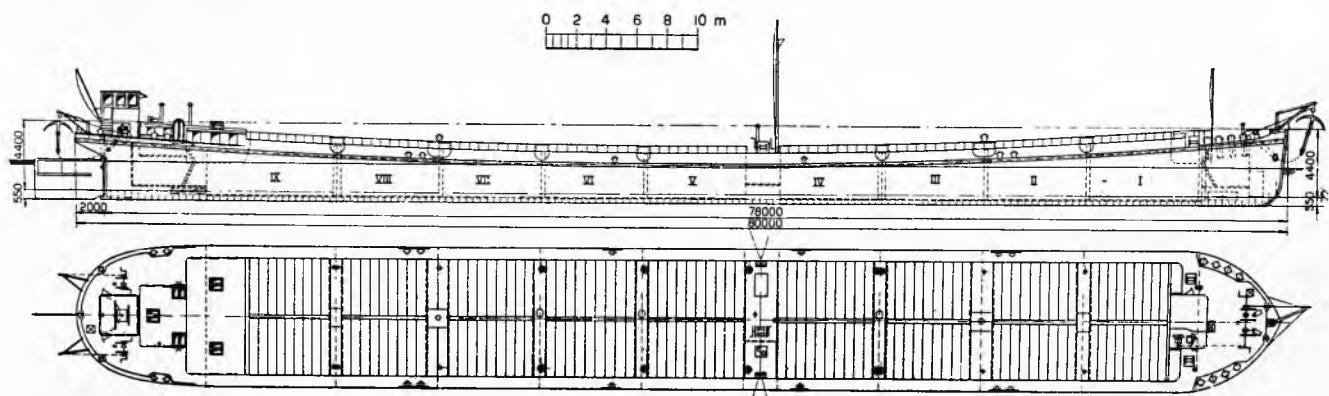
Sl. 5. Pramčano sidro teglenice

Oprema palube teglenice vrlo je jednostavna. Na pramcu i krmi su snažne bitve za teglenje a manje i lakše bitve su raspoređene duž ruba palube. Na palubi je postavljena i prijenosna ručna pumpa za izbacivanje vode iz kaljuže skladišta. Većina teglenica nema uređaja za krcanje tereta niti fiksne jarbole. Na pramcu i krmi je po jedan kratak stup za zastavu, a osim toga teglenica još može imati lagani preklopni jarbol za signale.

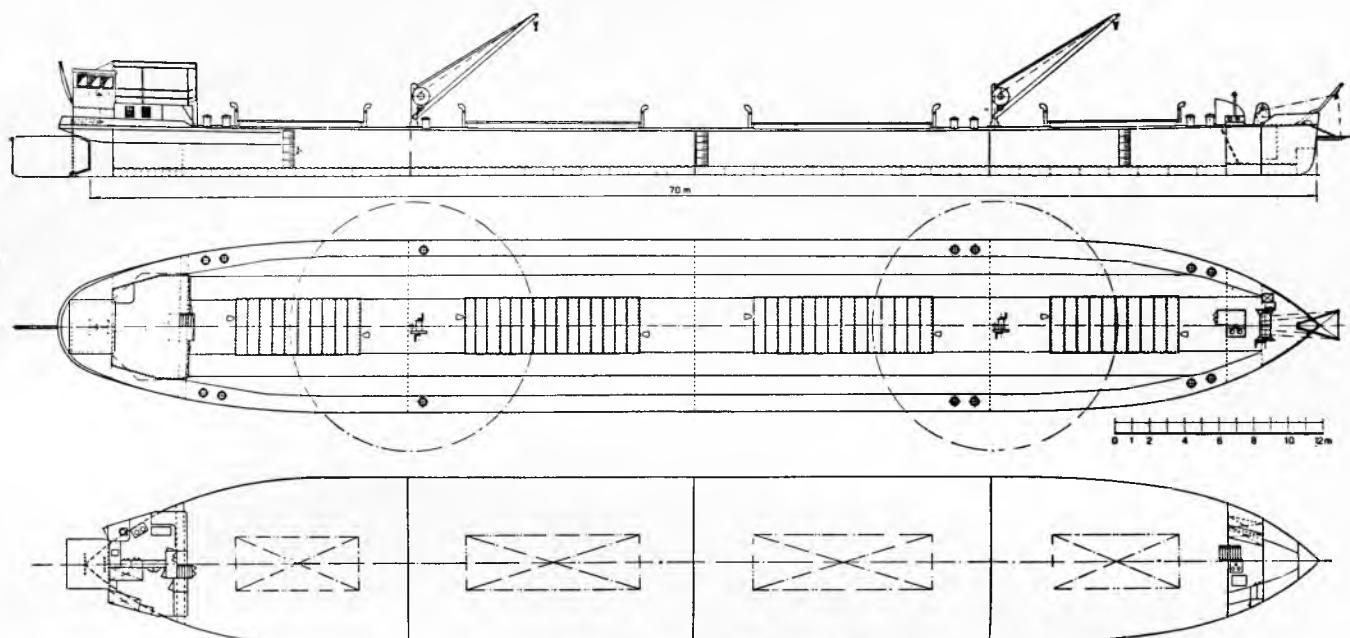
Velike teglenice imaju pramčana i krmena sidra a male teglenice samo pramčana. Sidra su admirilitetska ili četverokraka. Vrlo često je na pramcu i na krmi teglenice po jedna posebna soha na kojoj iznad vode visi sidro, tako da se u slučaju potrebe može brzo oslobođiti i baciti u vodu (sl. 5). Sidrima se rukuje pomoću ručnih sidrenih vitala. Sidra služe teglenicama prvenstveno za zaustavljanje i za izvođenje manevra.

Tipovi riječnih teglenica. Na glavnim unutrašnjim vodnim putovima tokom vremena su se razvili brojni tipovi teglenica prilagođeni specifičnim uvjetima plovidbe i posebnim zahtjevima transporta.

Na Rajni i spojnim kanalima Rajne upotrebljavaju se standardne teglenice od 500 do 4000 t nosivosti (sl. 6). Glavne su im dimenzije



Sl. 6. Teglenica za Rajnu, 1300 t DW



Sl. 7. Dunavska teglenica 1000 t DW

$L = 50 \dots 130$ m, $B = 6 \dots 14$ m, $T = 2,5 \dots 3$ m. Bočna visina je često jednaka gazu ili je veća za $10 \dots 20$ cm. Omjer dužine i širine je $L/B = 7,6 \dots 9$, koeficijent istisnine $\delta = 0,87 \dots 0,89$, koeficijent glavnog rebra $\beta \approx 0,98$, koeficijent vodne linije $\alpha \approx 0,95$. Pramčana i krmena statva su vertikalne, pramčana rebra su U-forme a krmena V-forme. Dno trupa je potpuno ravno sa zaobljenim prijelazom u bokove broda. Paluba ima mali skok i mali preluk.

Zbog jakih zavoja na gornjem dijelu Dunava, povremenog niskog vodostaja i sprudova na srednjem dijelu i jakih brzica u Đerdapu, velika većina dunavskih teglenica ima dužinu do 70 m, gaz do 2,2 m i maksimalnu nosivost 1000 t (sl. 7). Brzina riječne struje u Đerdapu iznosi ponekad i 18 km/h, što znači da je u uzvodnoj vožnji brzina teglenice s obzirom na vodu oko 20 km/h. To je za ovaj tip broda vrlo velika brzina; stoga, da otpor ne bi postao suviše velik, dunavske teglenice imaju oštire krajeve i koeficijent istisnine δ manji od 0,82. Za dunavske teglenice nosivosti 200-1000 t, namijenjene prijevozu rasutog tereta, približne dimenzije povoljne za otpor mogu se odrediti iz ovih formula:

$$L = \sqrt{4,76 t \text{ DW} + 137,5}, \quad B = \sqrt{1,22 L}, \quad H = \sqrt{0,086 L}$$

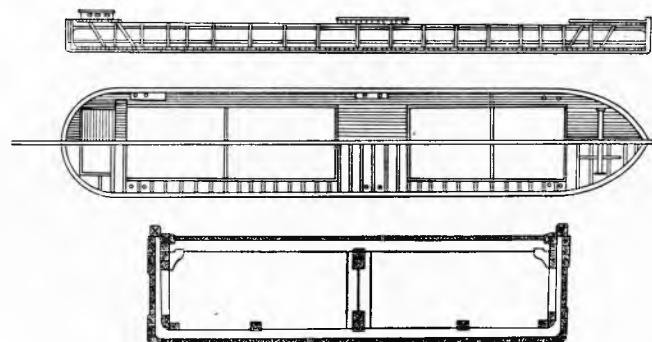
Za razliku od rajnskih teglenica, dunavske teglenice češće imaju palubne okretne dizalice za krcanje tereta. Vitla dizalica su na ručni pogon.

Na rijekama i kanalima Sovjetskog saveza postoji ~ 170 različitih tipova teglenica, od kojih je dobar dio još uvijek drvene konstrukcije. Velika većina tih teglenica ima vrlo pun oblik trupa, pa je koeficijent istisnine $\delta = 0,85 \dots 0,90$. Dubina i širina vodnih putova u SSSR dozvoljava velike dimenzije teglenica, tako da nisu rijetkost teglenice od preko 100 m dužine, preko 15 m širine i preko 4000 t nosivosti. Velike drvene teglenice starijih tipova imale su okomite ili skošene statve i klinaste krajeve s ravnim rebrima (sl. 8). Moderne čelične teglenice su tipizirane, imaju nosivost 600-3000 t, pramac im je kaškastog a krma saonastog oblika (sl. 9).

Teglenice namijenjene plovidbi uskim kanalima Francuske, Belgije i Nizozemske nisu velike, jer su im dimenzije ograničene veličinom splavnica i uskim slobodnim otvorima ispod mostova. Glavne dimenzije tih teglenica kreću se u ovim granicama: $L = 20 \dots 40$ m, $B = 4 \dots 5$ m, $T = 1,3 \dots 2,2$ m. Za svoje dimenzije imaju relativno velik skladišni prostor i veliku nosivost jer je oblik trupa sandučast sa vrlo tupim pramacem i krmom. Koeficijent istisnine je $\delta = 0,90 \dots 0,93$ a koeficijent glavnog rebra $\beta = 0,99$. Ovakav oblik trupa je vrlo nepovoljan za otpor, s tim više što na većini ovih teglenica ravno dno prelazi u bokove broda

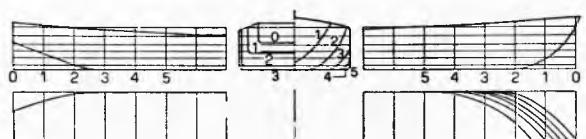
oštrim zgibom bez ikakvog zaobljenja. Teglenice na divljim rijekama su također malene; imaju dužinu do 30 m i gaz $0,5 \dots 1,5$ m, ali imaju oštiri oblik trupa i relativno nizak koeficijent istisnine, $\delta = 0,75 \dots 0,85$.

Lučke teglenice služe prijevozu robe između lučkih skladišta i morskih brodova. Te teglenice vrlo rijetko napuštaju luku i saobraćaju na vrlo kratkim udaljenostima, pa oblik trupa nije naročito važan, već je najbitnije da njihova gradnja bude što jeftinija a konstrukcija što jača, kako bi mogla podnijeti vrlo grubo rukovanje. Postoji velik broj tipova lučkih teglenica — gotovo svaka značajnija luka ima svoj tip — ali sve su te teglenice uglavnom kratke, široke, čvrsto građene, jednostavne sandučaste forme i jednostavne opreme, bez nastambi i bez uredaja za krcanje. Skladišta su duboka i sa velikim grotlima. Grotla mogu imati poklopce ili samo pokrov od nepromočivog platna. Većina luč-



Sl. 8. Drvena teglenica s Volge

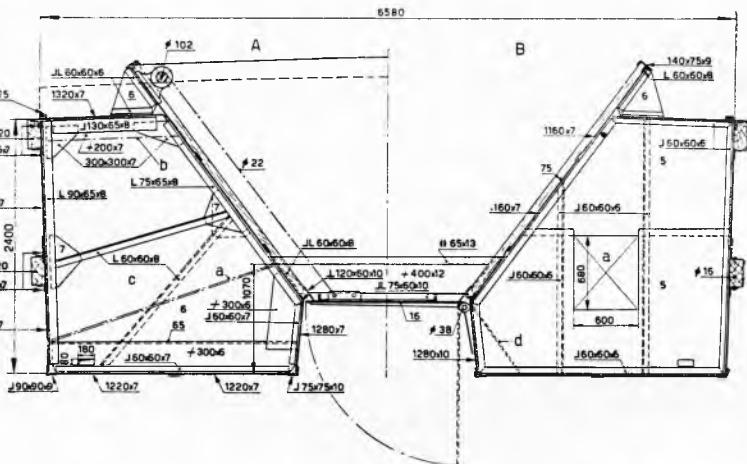
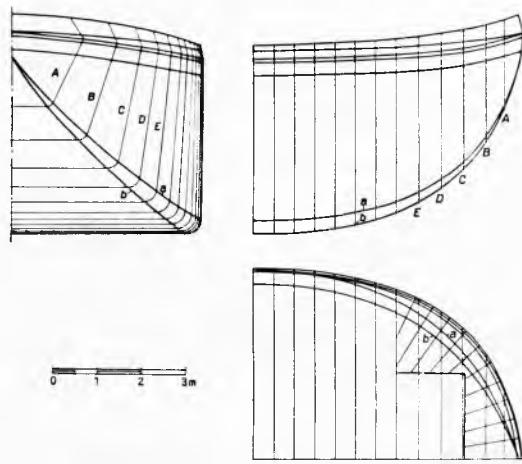
kih teglenica ima pramac i krmu saonastog oblika, ravno dno i ravne kose bokove, tj. glavno rebro ima oblik trapeza. Takav oblik trupa olakšava guranje, privlačenje i zaokretanje teglenice pomoću čaklji i motaka jer kose statve i kosi bokovi povećavaju

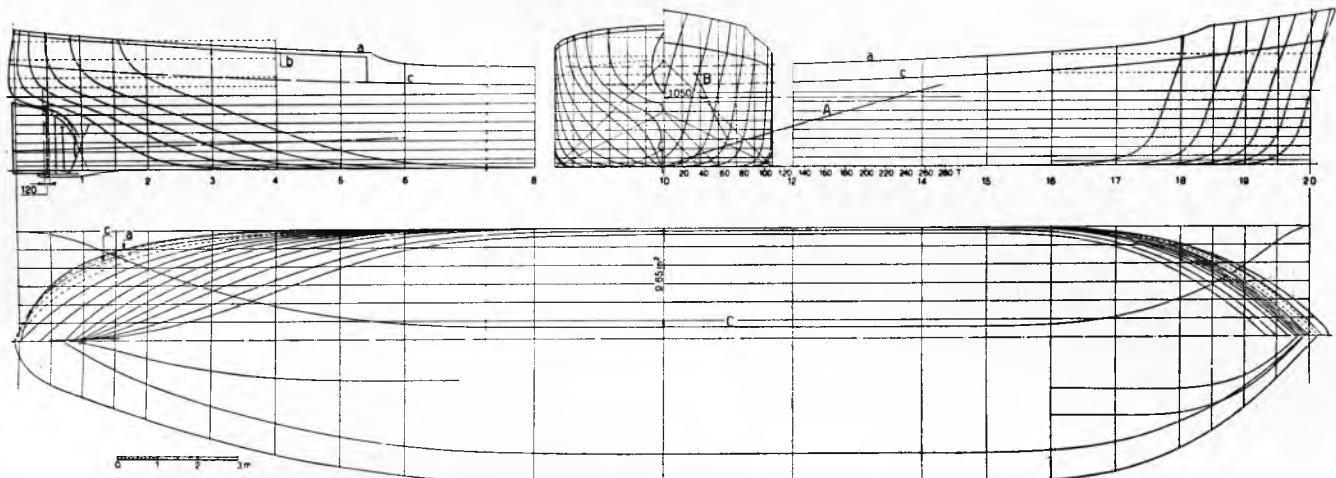
Sl. 9. Linije čelične teglenice za Volgu i kanale $L = 68,6$ m, $B = 9,26$ m, $T = 2,2$ m, $\delta = 0,90$

okretljivost teglenice a smanjuju bočni otpor. Lučke teglenice imaju sasvim jednostavna kormila ili ih uopće nemaju. Nosivost lučkih teglenica rijetko prelazi 300 t. Među najpoznatije tipove lučkih teglenica spadaju teglenice na Temzi.

Teglenice za prijevoz tekućeg tereta (teglenice-tankeri), prvenstveno naftne i benzina, imaju konstrukciju trupa sličnu konstrukciji riječnih brodova-tankera. Tovarni prostor je jednom uzdužnom i većim brojem poprečnih pregrada podijeljen na nepropusne tankove, a od pramca i krme je odijeljen nepropusnim sigurnosnim prostorima (kofer-damima). Cijevni vodovi za punjenje i pražnjenje tankova, priključci i ventili izvedeni su na isti način kao na brodovima-tankerima (v. Cijevni sistemi na tankerima u poglavljju Oprema broda članka *Brod*). Većina ovih teglenica nema vlastitih pumpnih uređaja za krcanje tekućeg tereta već se za krcanje koriste lučkim instalacijama. Oblikom trupa, veličinom i nosivošću teglenice za prijevoz tekućeg tereta ne razlikuju se od teglenica za prijevoz suhog tereta.

U posebnu grupu spadaju tzv. *teglenice-pjeskare* namijenjene prijevozu izbagerovanog materijala: šljunka, mulja i kamenja. Oblik trupa im je jednostavan i obično potpuno simetričan, sa jednakim saonastim krajevima, ali često bokocrtna kontura krajeva nije ravna nego zaobljena, dno je ravno a bokovi okomiti (sl. 10). Skladište izbagerovanog materijala je u srednjem dijelu trupa, u pramcu je spremište užadi, alata i pribora, a krmeni dio ponekad služi kao nastamba. Karakteristična je konstrukcija srednjeg dijela trupa. Skladište obično ne zauzima čitavu širinu teglenice nego su uzduž bokova skladišta veliki zračni tankovi čija je funkcija da smanje volumen skladišta (sl. 11). Zbog velike specifične težine izbagerovanog materijala dovoljna je vrlo mala specifična prostornost skladišta, ali kako su, s druge strane, velike dimenzije teglenice potrebne radi dovoljne istisnine, skladišni prostor izlazi nepotrebno velik, tj. već uz djelomično nakrcano skladište teglenica dode na svoj maksimalni gaz. Bočnim tankovima se smanjuje volumen skladišta pa se ono može do vrha natovariti i voda pomiješana s izbagerovanim materijalom može preko pražnica otcuriti natrag u rijeku. Bočni tankovi daju teglenici rezervu istisnine i osiguravaju joj nepotonljivost, teglenica ima veću širinu i stoga manji gaz, a kako su unutrašnji zidovi zračnih tankova skošeni, istovar materijala je olakšan, jer se pri istovaru materijal stalno sam od sebe sasipa u sredinu dna teglenice. Ako se materijal istovaruje pomoću elevatorsa, pogotovo je potrebno da se materijal sam skuplja u sredini dna skladišta gdje ga zahvataju vredice ili usisna cijev elevatorsa. Grotla skladišta materijala su uvijek otvorena, a pražnice grotla su 30...40 cm više od palube. Skladište je nepropusnim poprečnim pregradama odijeljeno od pramčanog i krmenog dijela trupa. Dužina ovih teglenica je do 50 m, a nosivost do 1200 t odnosno ~ 600 m³





Sl. 13. Linije teretnog riječnog broda za plovidbu dubokim i širokim vodnim putovima; $L = 31,42 \text{ m}$, $B = 5,4 \text{ m}$, $T = 1,7 \text{ m}$, $A = 232 \text{ t}$, $\delta = 0,786$, $\varphi = 0,794$

nica tako da je teglenici nešto smanjen skladišni prostor pa ugrađen pogonski motor.

Prosječna brzina teretnih riječnih brodova je $12\cdots 20 \text{ km/h}$, dakle veća je od prosječne brzine teglenica, pa stoga teretni brodovi imaju vitkiji trup i koeficijent istisnine $\delta = 0,74\cdots 0,79$. Glavne dimenzije i njihovi međusobni odnosi su često uvjetovani karakteristikama vodnog puta pa su na različitim rijeckama veličine teretnih brodova različite. Pri projektiranju i određivanju glavnih dimenzija teretnih brodova unutrašnje plovidbe obično se umjesto stepena nosivosti η_{DW} upotrebljava jedan sličan koeficijent definiran kao

$$\text{nosivost broda} / (L \times B \times H).$$

Vrijednost tog koeficijenta kreće se od $0,40$ do $0,60 \text{ t/m}^3$, s tim da niže vrijednosti odgovaraju manjim brodovima.

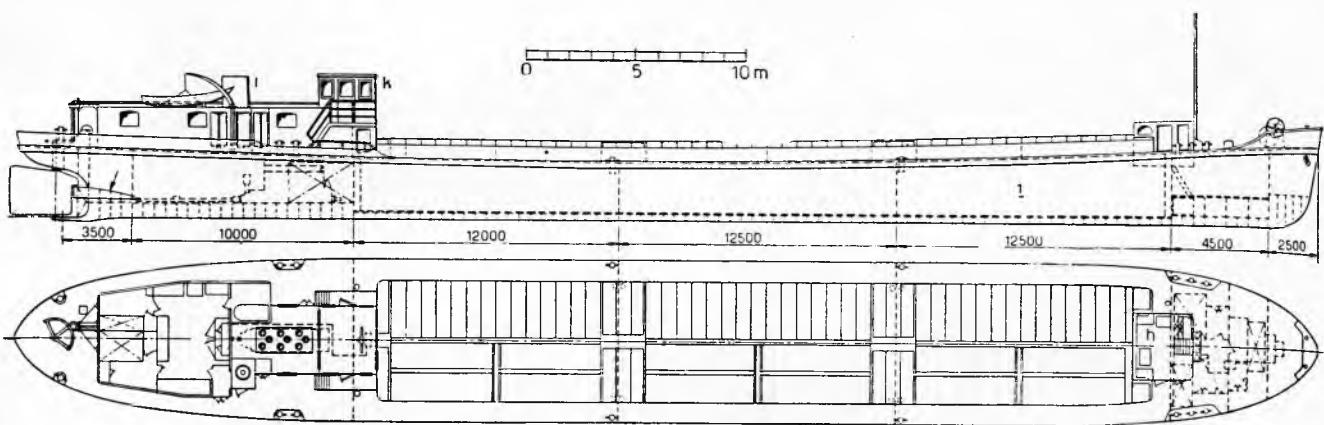
Konstrukcija trupa samohodnih teretnih riječnih brodova slična je kao u teglenica, tj. poprečni sistem gradnje s rebrenicama i uzdužnim pasmima, a bez dvodna (dvodno je eventualno samo ispod strojarnice). Elementi trupa se dimenzioniraju prema posebnim propisima klasifikacionih društava za teretne riječne brodove. Raspoloženi prostorija je obično kao na malim morskim brodovima obalne plovidbe: strojarnica, kormilarnica i nastambe su na krmi, srednji dio trupa zauzimaju skladišta tereta, a u pramcu su spremišta brodskog pribora, lančanici za sidrene lance i eventualno još koja stambena kabina. Radi prolaza ispod mostova nadgrađe ne smije biti visoko; stoga su kućice s nastambama često upuštenе u palubu a kućica kormilarnice je demontabilna da se može skinuti prilikom prolaza ispod niskog mosta. Jarboli su preklopni, a mogu biti opremljeni samarcicama za krcanje tereta. Grotla iznad skladišta tereta su velika i široka, sa drvenim ili celičnim poklopциma.

Teretni brodovi unutrašnje plovidbe uglavnom se mogu podijeliti na tri grupe: brodove za plovidbu širokim i dubokim

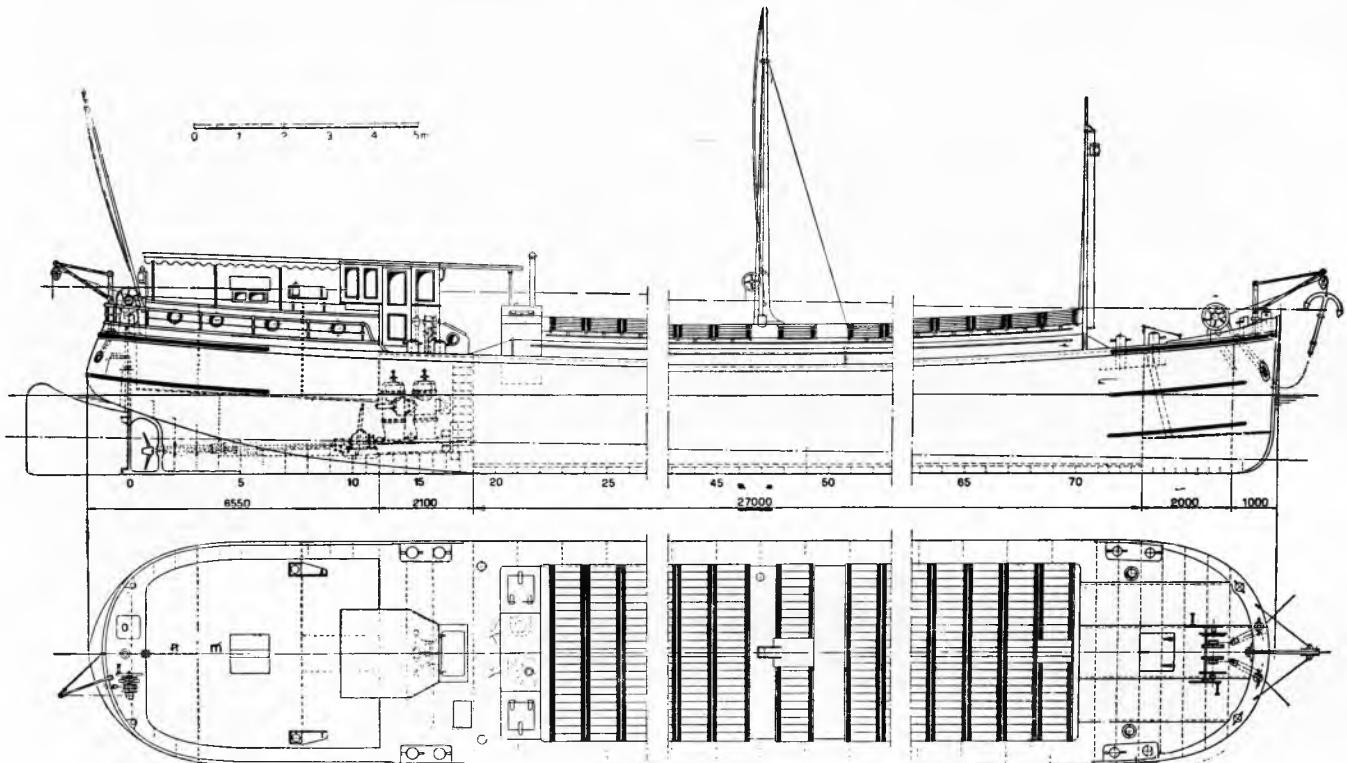
vodnim putovima, brodove za plovidbu kanalima ograničene dubine i širine i brodove za plovidbu velikim rijeckama s plićacima i jakim brzacima.

Glavna značajka teretnih brodova za plovidbu dubokim i širokim vodnim putovima je relativno velik gaz. Omjeri glavnih dimenzija većine tih brodova jesu: $L/B = 5\cdots 9$, $B/T = 2,5\cdots 3,5$, koeficijent istisnine $\delta = 0,76\cdots 0,79$, koeficijent glavnog rebra $\beta \approx 0,99$, koeficijent vodne linije $a = 0,78\cdots 0,80$. Tipične linije modernog broda ove vrste prikazane su na sl. 13. Ovi brodovi obično imaju dužine do 80 m i nosivost do 1000 t . Jedino su pojedini teretni brodovi na velikim rijeckama i kanalima Sovjetskog saveza znatno veći; dužina im prelazi 100 m a mogu imati nosivost i do 3500 t . Ti vrlo veliki teretni riječni brodovi imaju oblik trupa vrlo sličan kao velike teglenice na Volgi, pa im je i omjer širine i gaza veći i iznosi $B/T = 5\cdots 6$. Najbrojniji predstavnik ove vrste riječnih brodova je teretni brod za Rajnu i spojne kanale Rajne (sl. 14). Pramac im je lagano skošen a krma je krstaška ili eliptička. Pogon je motorni s jednim ili dva vijka. Budući da je gaz dovoljno velik, vijci nisu u tunelima.

Teretni brodovi za plovidbu malim kanalima zapadne Evrope kraći su od 40 m , imaju vrlo punu formu trupa, tako da je koeficijent istisnine $\delta = 0,90\cdots 0,92$, a koeficijent glavnog rebra $\beta = 0,9\cdots 1,0$. U stvari, oblik trupa ovih brodova vrlo malo se razlikuje od oblika trupa teglenica na istim kanalima. Razlika je samo u obliku krme, koja ima mali i kratki tunel za vijak, a u uzvod dna je u većine brodova malo zaobljen. Zbog velikog otpora i loših manevarskega svojstava brodova suviše pune forme trupa, u novije vrijeme se ovi brodovi grade sa nešto oštrijim krajevinama, tako da nije potreban tunel za vijak, paralelni srednjak je također kraći, a koeficijent istisnine δ je nešto niži i kreće se od $0,80$ do $0,84$. Mali kanalski teretni brodovi su lagane konstrukcije da bi gaz bio što manji, pogon je jednovijčan, snaga pogonskog



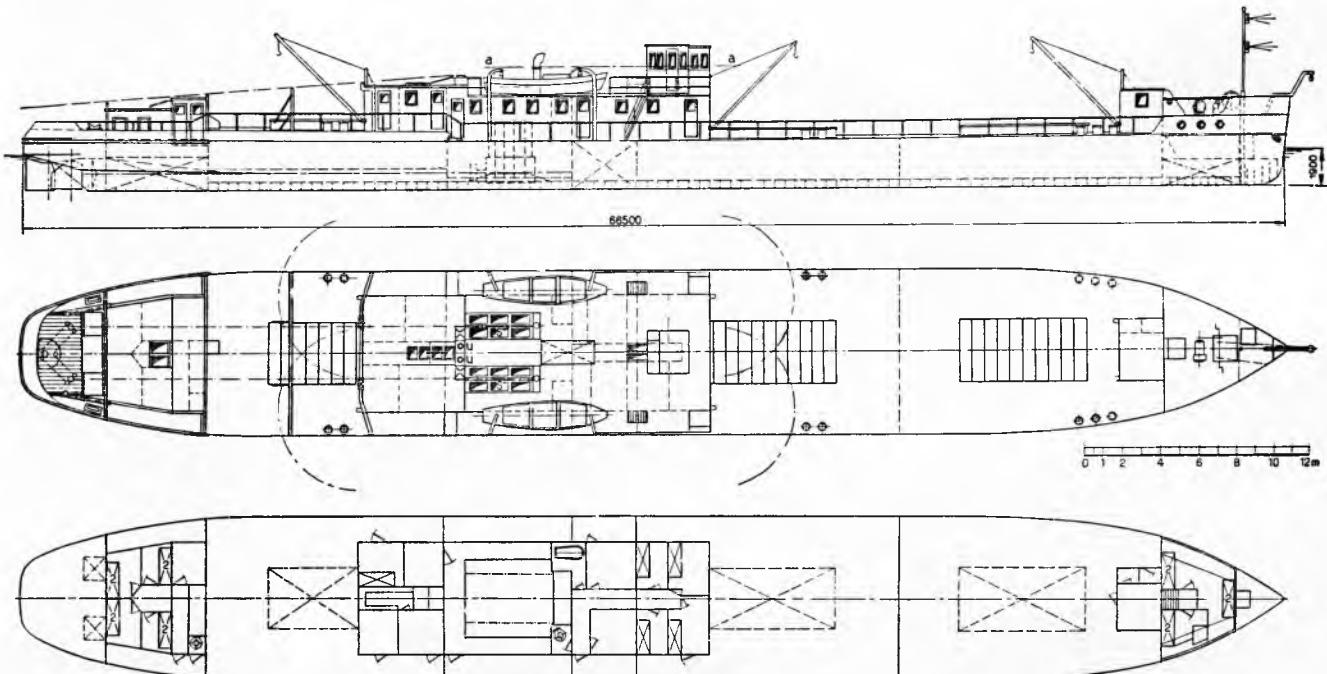
Sl. 14. Generalni plan teretnog broda za Rajnu; $L = 57 \text{ m}$, $B = 7,2 \text{ m}$, $T = 2,5 \text{ m}$

Sl. 15. Kanalski teretni brod; $L = 37,7 \text{ m}$, $B = 5,02 \text{ m}$, $T = 2,4 \text{ m}$

motora je obično 60...100 KS, a nosivost do 400 t. Na krmi je palubna kućica kormilarnice i iza nje u palubu upuštena kućica s nastambama (sl. 15). Nastambe mogu biti i u pramčanom potpalublju ispred tovarnog prostora. Ako je kormilo toliko dugačko da strši van krme, često se ono radi lakšeg smještaja broda u splavnici izvodi tako da se može zakrenuti bočno za 90° .

Teretni brodovi namijenjeni plovidbi velikim rijeckama na kojim ima plićaka i brzica nužno moraju imati ograničen gaz i vitkiju formu trupa. U ovu grupu spadaju npr. teretni brodovi za Dunav. Radi prolaza preko plićaka gaz broda može biti najviše do 2 m, a uzvodna vožnja kroz brzice zahtijeva relativno malen otpor broda i relativno snažne pogonske strojeve. Dužina dunav-

skih teretnih brodova kreće se od 60 do 70 m, omjeri glavnih dimenzija su $L/B = 7\cdots 8$, $B/T = 4\cdots 4,5$, $H/T = 1,25\cdots 1,3$, koefficijent istisnine $\delta = 0,76\cdots 0,80$. Pogon je redovito dvovijčan ili trovijčan, s vijcima u tunelima ili u sapnicama, a pogonski motori imaju snagu 800...1000 KS. Tolika snaga potrebna je da bi brod sa 600...700 t tereta mogao sam savladati brzice u Đerdapu. Za plovidbu na drugim dijelovima Dunava ta je snaga prevelika i stoga se suvišak koristi za tegljenje teglenica, pa su brodovi opremljeni i uredajima za tegljenje. Dunavski teretni brodovi obično su opremljeni palubnim okretnim dizalicama smještenim između grotala skladišta. Grotla skladišta su znatno niža i kraća nego na ostalim tipovima riječnih teretnih brodova. I raspored pro-

Sl. 16. Dunavski teretni brod; $L = 66,5 \text{ m}$, $B = 8,7 \text{ m}$, $T = 1,9 \text{ m}$, $A = 825 \text{ t}$

istorija je nešto drugčiji nego na ostalim teretnim rječnim brodovima: većina dunavskih teretnih brodova ima strojarnicu i palubne kućice sa nastambama i kormilarnicom malo iza sredine broda, a ispred i iza strojarnice su skladišta tereta (sl. 16). Obično su dva skladišta na pramčanom dijelu broda a jedno na krmi. Paluba iznad krmnog skladišta je povиšena da se nadoknadi skladišni prostor izgubljen zbog tunela za osovinske vodove. Vučno vitlo za teglenice smjeшteno je iza kormilarnice na krovu palubne kućice sa nastambama. Pogon vučnog vitla je redovito električki.

Tablica 3

TERETNI RIJEČNI BRODOVI

Vodni put	Maas	Rajna	Dunav	Sena	Rajna
Zemlja	Nizozemska	Njemačka	Jugoslavija	Francuska	Njemačka
Dužina L , m	31,42	65,00	66,00	70,00	75,00
Širina B , m	5,40	8,70	8,50	8,80	8,50
Gaz T , m	1,70	2,30	2,00	2,75	2,80
Visina H , m	2,00	2,70	2,50	3,15	2,80
Koefficijent δ	0,786	0,80	—	0,817	0,76
Nosivost, t	138	714	640	1000	998
Pogonski uredaj	dizel	dizel	dizel	dizel	dizel
Snaga, KS	120	500	800	480	600
Brzina, km/h		16,6	18	16	20
Broj vijaka	1	2	2	1	2

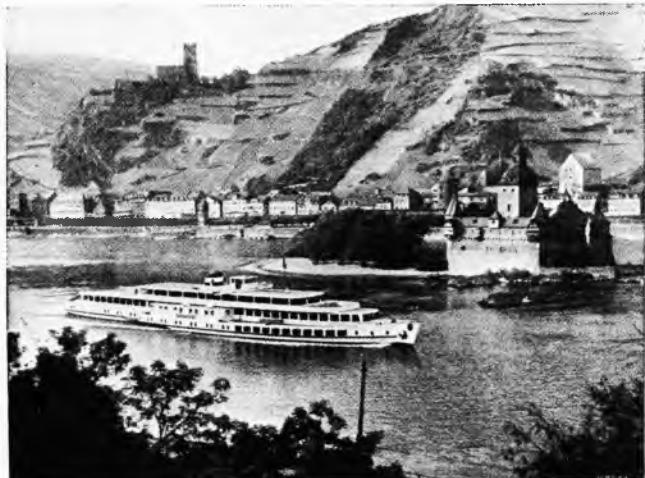
U tablici 3 prikazani su osnovni podaci o glavnim dimenzijama, nosivosti i pogonskim uredajima za nekoliko karakterističnih tipova riječnih teretnih brodova.

Riječni putnički brodovi. Teretni i putnički riječni brodovi ne razlikuju se među sobom samo po unutrašnjem rasporedu i uređaju prostorija nego i po obliku, konstrukciji i brzini. Putnički brodovi imaju mnogo oštijeni oblik trupa nego teretni, znatno lakšu konstrukciju trupa i veću brzinu. Istinsna riječnog putničkog broda je mala, a kako brod mora imati određenu dužinu i širinu zbog potrebne površine palube, gaz je redovito malen pa i kad je brod određen za plovidbu po relativno dubokim unutrašnjim vodnim putovima. Zbog malog gaza riječni putnički brodovi su obično dvovijčani s vijcima malog promjera i velikog broja okretaja. Na modernim riječnim viševijčanim putničkim brodovima vijci su redovno smješteni u krmjenim tunelima.

Putnički brod vrlo malo mijenja gaz pa za pogon dolaze u obzir i propulzori koji nisu prikladni za teretne brodove jer su osjetljivi na velike promjene gaza. U tu grupu propulzora spadaju bočni kotači, kotač na krmi i Voith-Schneiderovi propeleri. Kotači omogućavaju putničkom brodu veću manevrabilnost, a naročito brže zaustavljanje nego brzohodni brodski vijci. Iako su kotači znatno teži od brodskih vijaka, ipak se još i danas upotrebljavaju za pogon putničkih brodova, pogotovo na divljim i

nereguliranim rijekama. Voith-Schneiderovi propeleri se ugradjuju na jezerske putničke brodove i na brodove koji plove po dubokim i čistim rijekama, gdje je manja mogućnost da se taj osjetljivi uređaj ošteći. Kao pogonski stroj riječnih putničkih brodova danas se gotovo isključivo upotrebljava srednje brzi ili brzohodni dizel-motor, a izuzetno dizel-električki uređaj.

Brzina riječnih putničkih brodova je $20\cdots 25 \text{ km/h}$, što je za unutrašnje водне putove relativno mnogo. Radi što nižeg otpora i što manjeg stvaranja valova koji oštećuju obale i smetaju ostalim brodovima, putnički brodovi imaju vitak oblik trupa i koeficijent istisnine $\delta = 0,45\cdots 0,70$. Niže vrijednosti koeficijenta odgovaraju višim vrijednostima omjera V/\sqrt{L} . Dužine riječnih i kanalskih putničkih brodova se kreću od 30 do 85 m, a jezerskih od 20 do 60 m. Da bi im površina palube bila što veća, riječni putnički brodovi mogu imati znatno povećanu širinu nadvodnog dijela trupa. Glavna paluba prelazi preko bokova trupa, a konzolni



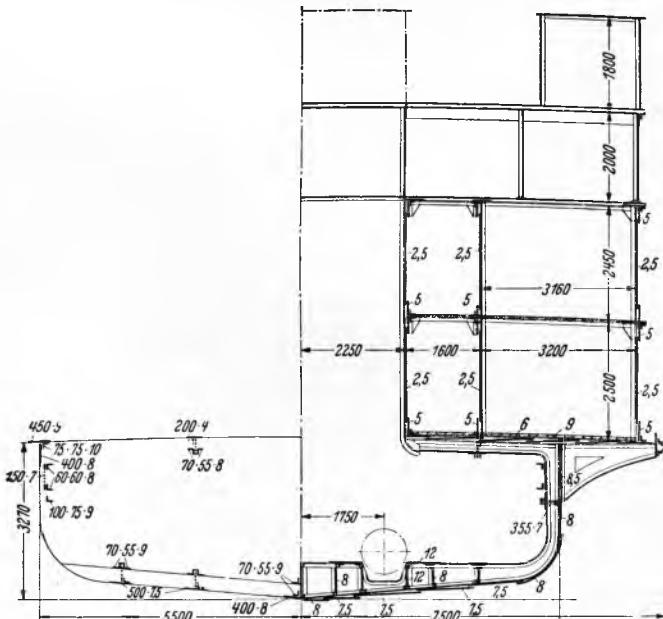
Sl. 18. Motorni putnički brod za saobraćaj na Rajni •Berlin•; $L_{WL} = 86$ m, $B_{WL} = 8,85$ m, $B_{max} = 15,5$ m, $T = 1,15$ m, $A = 614$ t, 300 putnika; pogon s dva Voith-Schneiderova propelerla, snaga pogonskog postrojenja 1400 KS, brzina na mirnoj, 5 m dubokoj vodi približno 22 km/h

dio palube je poduprт jakim koljenima učvršćenim na vanjsku stranu bokova broda (sl. 17). Bez obzira na vrstu plovнog puta gaz je redovito $T = 1,0\cdots 1,9$ m. Prosječni omjeri glavnih dimenzija jesu: $L/B = 5,5\cdots 9,0$, $B/T = 4\cdots 8$, $H/T = 1,5\cdots 2,0$.

Putnički riječni brodovi imaju relativno visoka i dugačka nadgrada pa uslijed pritiska vjetra na veliko nadgrade i zbog neravnomjernog opterećenja broda putnicima može stabilitet broda biti ugrožen i pored toga što na unutrašnjim vodnim putovima nema naročito velikih valova. Zato prema gotovo svima nacionalnim propisima metacentarska visina riječnih putničkih brodova mora biti tolika da bočni nagib broda ne bude veći od $6^{\circ}7'$ ako većina putnika prijeđe na jedan bok broda a istovremeno na drugi bok djeluje vjetar. Da se zadovolji taj zahtjev, metacentarska visina putničkih riječnih brodova je redovito veća od 1 m a ponekad je čak $3^{\circ}4$ m. Najveće metacentarske visine imaju brodovi s pogonom na bočne kotače, jer njima naročito smeta bočni nagib: kad su kotači nejednako uronjeni, to se vrlo nepovoljno odražava na propulzijskim i manevarskim svojstvima broda.

Konstrukcija trupa riječnog putničkog broda izvodi se ili prema posebnim propisima klasifikacionih društava za riječne brodove ili prema iskustvu. Da zbog visokog nadgrada i težiste broda ne bude visoko, što bi smanjilo metacentarsku visinu i ugrozilo stabilitet broda, važno je da nadgrade bude što lakše. To se postiže građevnim elementima od lakih metala i primjenom tankih valovitih limova i tankih profila. Ako je glavna paluba proširena preko bokova broda, na mjestima gdje dolaze konzole koje podupiru prošireni dio palube moraju u trupu broda biti jaka okvirna rebra (sl. 17). Zbog relativno lake konstrukcije riječnih putničkih brodova često je potrebno računski detaljnije provjeriti čvrstoću trupa.

Veličina riječnog putničkog broda određuje se prema prostoru potrebnom za smještaj određenog broja putnika, dakle na isti



Sl. 17. Glavno rebro riječnog putničkog broda »Regele Carol II«

BRODOVI UNUTRAŠNJE PLOVIDBE

Tablica 4
PUTNIČKI BRODOVI UNUTRAŠNJE PLOVIDBE

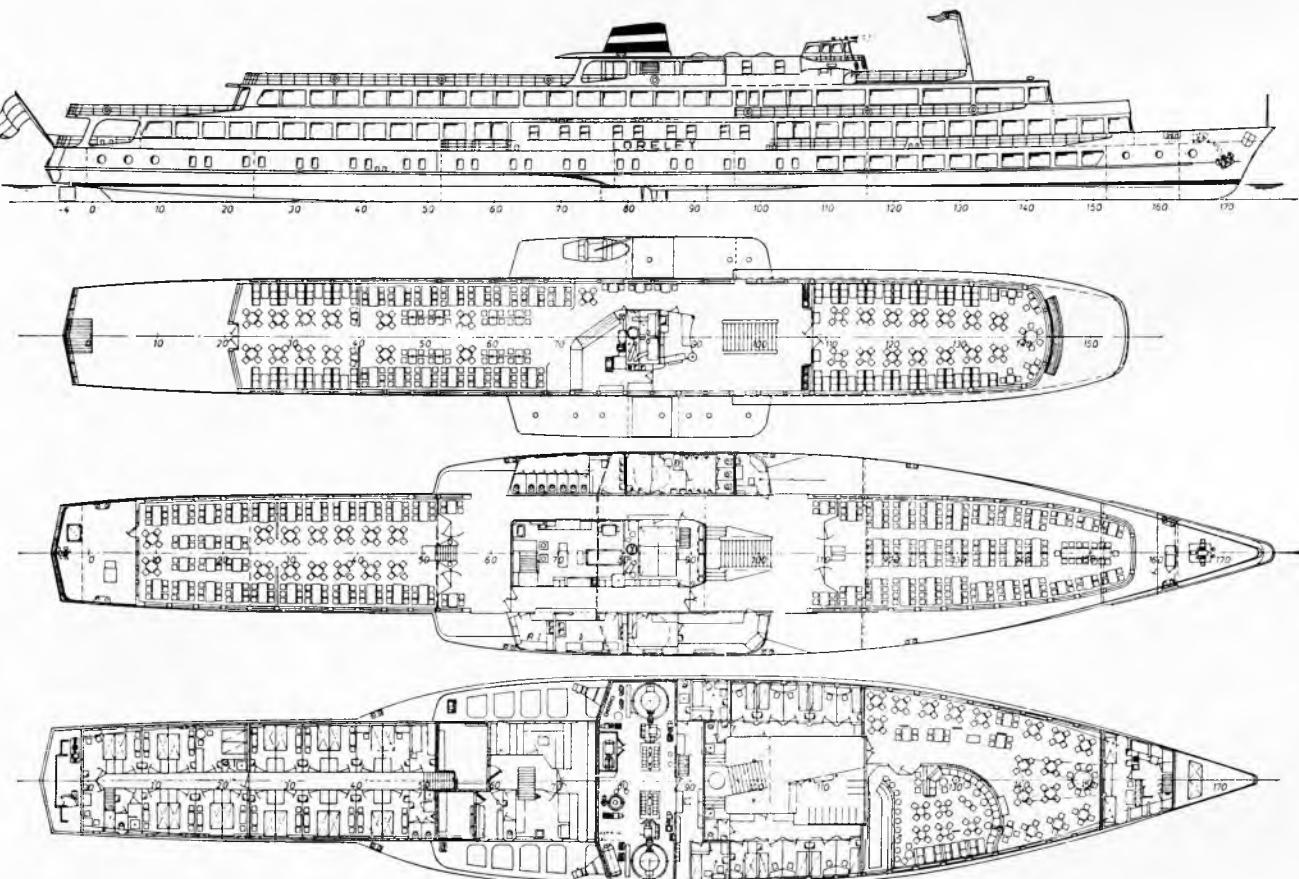
Ime broda	*	*	Regele Carol II	Spree	Nederland	Loreley	*
Tip broda	putnički	putnički	luksuzni putnički	putnički	luksuzni putnički	putnički	putničko-teretni
Godina gradnje	1941	1942	1937	1964	1964	1963	1939
Vodni put	jezera	Dunav	Dunav	Elba, Spree	Rajna	Rajna	Rajna
Zemlja	Švicarska	Austrija	Rumunjska	Njemačka	Njemačka	Njemačka	Nizozemska
Dužina L , m	31,40	76,00	85,00	67,26	96,45	86,50	69,10
Širina B_{CWL} , m	5,60	8,40	11,00	8,00	11,20	9,00	7,90
Širina B_{max} , m	5,60	16,80	15,00	8,22	11,60	15,80	9,85
Gaz T, m	1,35	1,45	1,80	1,23	1,35	1,15	1,66
Visina H, m	2,35	2,70	2,95	2,25	3,10	2,45	2,75
Koeficijent δ	0,413	0,595	0,585	0,73	0,617	0,726	0,685
Pogonski uredaj	dizel	dizel-elektr	dizel	dizel	dizel	dizel	dizel
Snaga, KS	275	920	1400	400	1800	1370	800
Tip propulzora	1 vijak	bojni kotači	2 vijaka	1 vijak	Voith-Schneider-propeleri	Voith-Schneider-propeleri	Voith-Schneider-propeleri
Brzina, km/h	24	22	24,15	16,5	18,47	3400	24,15
Broj putnika:					0	0	
na palubi	250	1400	0	350	224	3400	1384
u kabinama	0	0	64	0		0	16

način kao za morske putničke brodove. Potrebna površina otvorene palube i zatvorenih putničkih prostorija ovisi o tipu broda i o pruzi na kojoj brod saobraća. U prosjeku površina po jednom putniku iznosi za otvorene palube $\sim 0,3 \text{ m}^2$ a za zatvorene brodske prostorije $\sim 0,9 \text{ m}^2$. Budući da putnički rječni brodovi nisu naročito veliki, broj putničkih kabina je obično malen pa je većina putnika smještena u velikim zajedničkim salonima i na palubi. Oprema tih zajedničkih putničkih prostorija je uglavnom jednaka kao na morskim putničkim brodovima. Raspored prostorija na rječnom putničkom brodu također se bitno ne razlikuje od rasporeda prostorija na manjem morskom putničkom brodu. Ukoliko postoje putničke kabine, one se nalaze u nadogradu ili ispod glavne palube, odijeljene od ostalih putničkih prostorija. Kabine posade su ispod glavne palube, strojarnica je obično u sredini broda a na krovu pramčanog dijela nadgrada je komandni most. Sav ostali zatvoreni brodski prostor je iskorišten za salone, blagovaonice

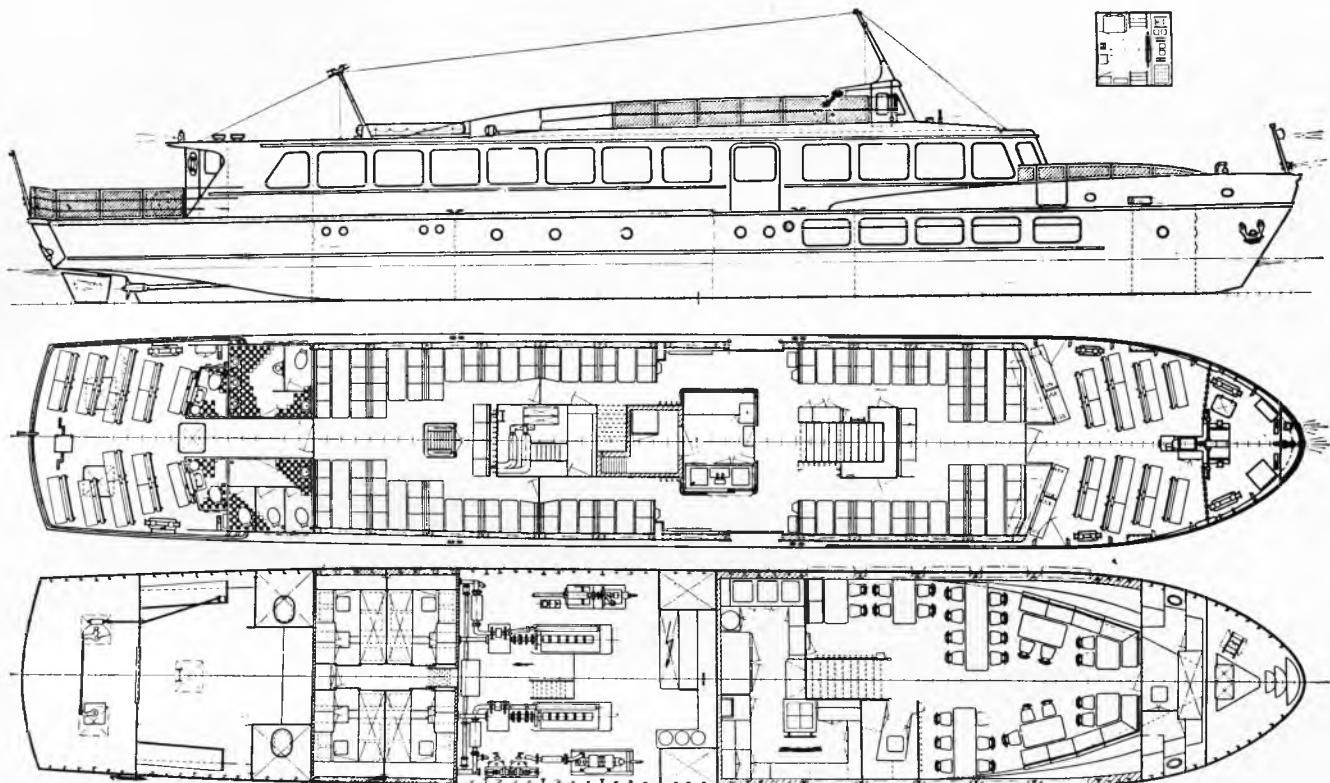
i verande za putnike, zatim za razne pomoćne i sanitарне prostorije, a otvorene su palube opremljene klupama za sjedenje (sl. 19).

U posebnu grupu rječnih putničkih brodova spadaju mali brodovi namijenjeni kraćim izletima i lokalnom putničkom saobraćaju. Ti brodovi nemaju putničkih kabina a većinom ni nastambi za posadu, već samo jednu ili dvije prostorije za putnike — eventualno sa hladnim buffetom i barom — sanitарne prostorije, strojarnicu i komandni most (sl. 20). Putničke prostorije su uredene kao saloni ili su opremljene sjedalima kao u autobusima. Kao izletnički brodovi i brodovi lokalnog saobraćaja često služe i veliki motorni čamci (hidrobusi, čamci s podvodnim krilima) koji su detaljnije opisani u članku *Camac*.

Osim rječnih putničkih brodova postoje i rječni putničko-teretni brodovi. Ti su brodovi uglavnom jednaki rječnim teretnim brodovima, samo što imaju veće nadgrade sa nekoliko kabina i salonom za ograničeni broj putnika.



Sl. 19. Rječni putnički brod "Loreley"



Sl. 20. Riječni izletnički brod »Berlin«, $L = 32,6 \text{ m}$, $B = 5,9 \text{ m}$, $H = 2,39 \text{ m}$, $T = 0,95 \text{ m}$, $\Delta = 137 \text{ t}$, $2 \times 140 \text{ KS}$, $V = 17,5 \text{ km/h}$, 280 putnika

Podaci o glavnim dimenzijsama, pogonu i broju putnika za nekoliko tipova putničkih brodova unutrašnje plovidbe navedeni su u tablici 4.

Skele i trajekti. Za prijevoz putnika, vozila i stoke preko rijeke gdje ne postoje mostovi služe skele i trajekti. Skelama se nazivaju jednostavna simetrična plovna sredstva, većinom drvene konstrukcije i bez vlastitog pogonskog stroja. Trajekti su složenije konstrukcije, imaju sličan podvodni oblik trupa kao teretni brod i imaju vlastiti pogon.

Skel je relativno kratka i široka. Njezine glavne dimenziije iznose: $L = 10 \cdots 20 \text{ m}$, $B = 2,5 \cdots 6,5 \text{ m}$, $T = 0,5 \cdots 1,0 \text{ m}$. Ljudi i vozila su smješteni na širokoj otvorenoj palubi pravokutnog tlocrta. Na palubi nema nikakvog nadgrada osim eventualno manje kućice smještene uz jedan bok skele. Na bokovima palube je ograda, a na krajevima jednostavna prekllopna rampa za ulaz i izlaz putnika i vozila kad skela pristane. Rampa se diže i spušta pomoću ručnog vitla. Podvodni dio trupa skele je sličan kao u teglenice sa simetričnim saonastim krajevima, ili skela ima dva uža trupa povezana širokom palubom za vozila i putnike.

Dva su osnovna principa po kojima se može pokretati skela: ona se može koristiti brzinom riječne struje ili može biti tegljena od malog tegljača vezanog uz skelu. Skele koje se za pokretanje koriste riječnom strujom kreću se duž čeličnog užeta. Uže je razapeto poprečno preko rijeke, i to ili visoko iznad vode da ne smeta prolazu brodova, ili je potopljeno pod vodom. Duž užeta klizi kolotur koji je po jednim kraćim užetom vezan za prednji i stražnji kraj skele. Ako se uže vezano za prednji kraj skele malo skrati, skela će se postaviti koso na maticu rijeke; uslijed toga nastaje jedna komponenta pritisaka riječne struje na bok skele usmjerenja poprečno na tok rijeke i djelovanje te komponente pokreće skelu preko rijeke. Rjeđe su skele vezane za dugačko uže položeno uzdužno u rijeci. Jedan kraj užeta je učvršćen za skelu a drugi kraj usidren daleko uzvodno u sredini rijeke. Skretanjem kormila skela se postavi koso na riječnu struju pa je struja prebacuje na drugu obalu.

O riječnim trajektima vidi Trajekti u članku *Brodovi, specijalni*.

Brodovi na američkim Velikim jezerima su sasvim posebna vrsta brodova unutrašnje plovidbe. To su vrlo veliki brodovi sa nosivošću i do 24 000 t, a služe za prijevoz željezne rude iz rudarskog bazena na jezeru Superior do čeličana na jezeru Erie

i za prijevoz uglja i žita. Po svojoj veličini ti brodovi odgovaraju velikim morskim brodovima za prijevoz rude i rasutog tereta, ali imaju znatno puniji oblik trupa, veći omjer dužine i bočne visine, družčiji raspored nadgrada i družčiju opremu palube.

Glavne dimenzije teretnih brodova na Velikim jezerima su ove: dužina 180–220 m, širina 18–23 m, gaz 0,5–8 m. Trup broda ima vrlo zdepast oblik pa su koeficijenti forme trupa visoki. Prosječne vrijednosti tih koeficijenata jesu: koeficijent istisnine $\delta = 0,850 \cdots 0,875$, koeficijent glavnog rebra $\beta = 0,99$, koeficijent vodne linije $\alpha = 0,92 \cdots 0,94$. Zbog velikih dimenzija i punog oblika trupa brod ima veliku nosivost, obično 15 000–24 000 t, a i koeficijent nosivosti je relativno visok: $\eta_{DW} = 0,75 \cdots 0,76$. Najveće brzine brodova za Velika jezera iznose do 17 čv, a u prosjeku su $\sim 14 \text{ čv}$, pa je prosječni omjer brzine i dužine $V/\sqrt{\dot{L}} \approx 0,5$.

Ovi brodovi imaju karakterističan raspored nadgrada. Jedno nadgrađe se nalazi na krimi, gdje je i strojarnica broda, a drugo na samom pramcu, dok čitav vrlo dugi srednji dio trupa zauzimaju skladišta tereta (sl. 21). Na vrhu pramčanog nadgrada smještena je kormilarnica s komandnim mostom, a prostor u nad-



Sl. 21. Brod za Velika jezera »George M. Humphrey«

građu je iskorišten za kabine posade, a eventualno i putnikâ. Položaj kormilarnice na samom pramcu omogućava izvrstan pregled situacije ispred broda, što znatno olakšava upravljanje brodom pri plovidbi kanalima između jezera. Donekle je nedostatak takvog smještaja kormilarnice da su vrlo dugački vodovi od kormilarskog kola do kormilarskog stroja na krmi i vodovi veze između kormilarnice i strojarnice.

Konstrukcija trupa teretnih brodova za Velika jezera u principu je slična konstrukciji morskih brodova za prijevoz rude i rasutog tereta. Srednji dio trupa, gdje su skladišta tereta, izведен je uzdužnim sistemom gradnje s uzdužnim rebrima i jakim poprečnim okvirnim rebrima (sl. 22), a pramčani i krmeni dio je građen poprečnim sistemom. Iako najveći valovi na Velikim jezerima mogu biti dugi ~ 100 m, dakle koliko polovina dužine broda, ipak postoje poteškoće u vezi s uzdužnom čvrstoćom trupa zbog vrlo visokih omjera dužine i bočne visine te širine i gaza broda. Brodovi za Velika jezera imaju $L/H \approx 20$, što je znatno više nego za jednako duge morske brodove, pa radi potrebe uzdužne čvrstoće trup broda mora imati vrlo jake uzdužne elemente. Baš zbog nenormalnog omjera L/H , a time i problema čvrstoće trupa, američki propisi ne dozvoljavaju brodovima za Velika jezera da plove Atlantikom. Grotla na skladištima tereta su šira nego na morskim teretnim brodovima. Grotla zauzimaju gotovo čitavu širinu broda i imaju velike čelične poklopce. Još ni danas ovi brodovi nemaju potpuno zavarenu konstrukciju. Uzdužni spojevi (šavovi) limova oplate bokova su redovito zakivani, a zakivani mogu biti i uzdužni spojevi oplate dna, dok su stikovi oplate i ostali gradevni dijelovi trupa zavareni.

Brodovi za Velika jezera su redovito jednovijčani. Kao pogonski uredaj ranije je služio stupni parni stroj, pa se on još i danas upotrebljava, ali moderni brodovi u velikoj većini imaju pogon parnom turbinom. Pogon dizel-motorom je do sada primijenjen samo u nekoliko pojedinačnih slučajeva. Snaga pogonskog postrojenja je obično 5000–9000 KS.

Radi plovidbe kroz kanale i splavnice između pojedinih jezera brod mora imati vrlo dobra kormilarska svojstva. Stoga kormilo tih brodova ima veliku brzinu prekretanja i veliki maksimalni kut zakreta. Prekret kormila iz jednog u drugi krajnji položaj traje do 20 sek, što je za 50% manje nego na morskim teretnim brodovima. Maksimalni kut kormila je $70\text{--}90^\circ$, dakle veći nego na morskim teretnim brodovima.

Luke na Velikim jezerima su opremljene vrlo efikasnim uređajima za utovar i istovar rude, uglja, žita i ostalog sirkog tereta, pa većina brodova nema nikakve opreme za krcanje tereta. Na palubi se nalaze sidrena vitla, privezna vitla i posebna dizalica za rukovanje poklopциma skladišnih grotala. Brod ima dva sidrena

vitla, jedno na pramcu a drugo na krmi, jer se i na krmi nalazi jedno sidro. Duž čitavog broda raspoređen je veći broj (obično šest) priveznih vitala koja služe za namještanje i premještanje broda prilikom prolaza kroz splavnice i prilikom krcanja tereta u luci. Poklopci grotala su teški i do 12 Mp pa za dizanje tih poklopaca većina brodova ima portalnu dizalicu koja se kreće po tračnicama učvršćenim uzduž bočnih pragova grotala.

Krcanje i iskrcavanje broda se odvija vrlo brzo pa brod ima posebni automatski uredaj za krcanje balasta, kako se za vrijeme lučkih operacija gaz i trim broda ne bi suviše naglo mijenjali. Također privezna i sidrena vitla imaju automatske uredaje koji pri naglim promjenama gaza pritežu odnosno popuštaju priveznu užad i sidrene lance tako da brod stalno ostaje čvrsto vezan na istom mjestu i da ne postoji opasnost preopterećenja vezova.

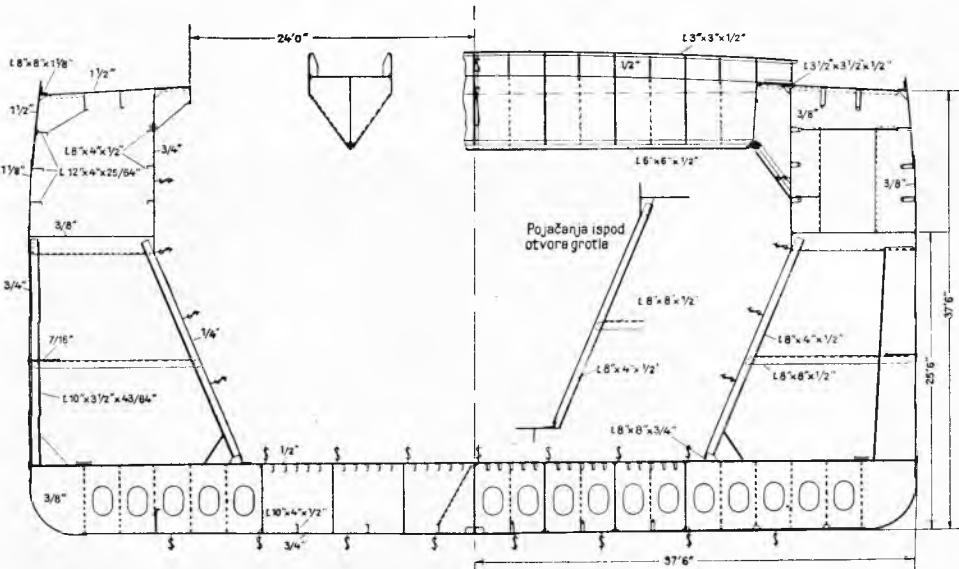
RIJEČNO-MORSKI BRODOVI

Većina velikih rijeka je samo na jednom dijelu uzvodno od ušća plovna i za morske brodove, a u udaljenijim uzvodnim dijelovima morski brodovi više ne mogu ploviti jer imaju prevelik gaz. To komplicira transport ako neku robu treba prevoziti vodnim putom koji uključuje plovidbu rijekom i morem, jer brodski teret treba prekrcavat sa riječnog na morski brod ili obratno. Da bi se prekrcavanje izbjeglo, razvijen je specijalan tip teretnog broda prilagođen plovidbi i rijekom i morem, tzv. riječno-morski brod. Taj tip broda predstavlja neku sredinu između riječnog i morskog teretnog broda pa ima neke karakteristike i jednog i drugog.

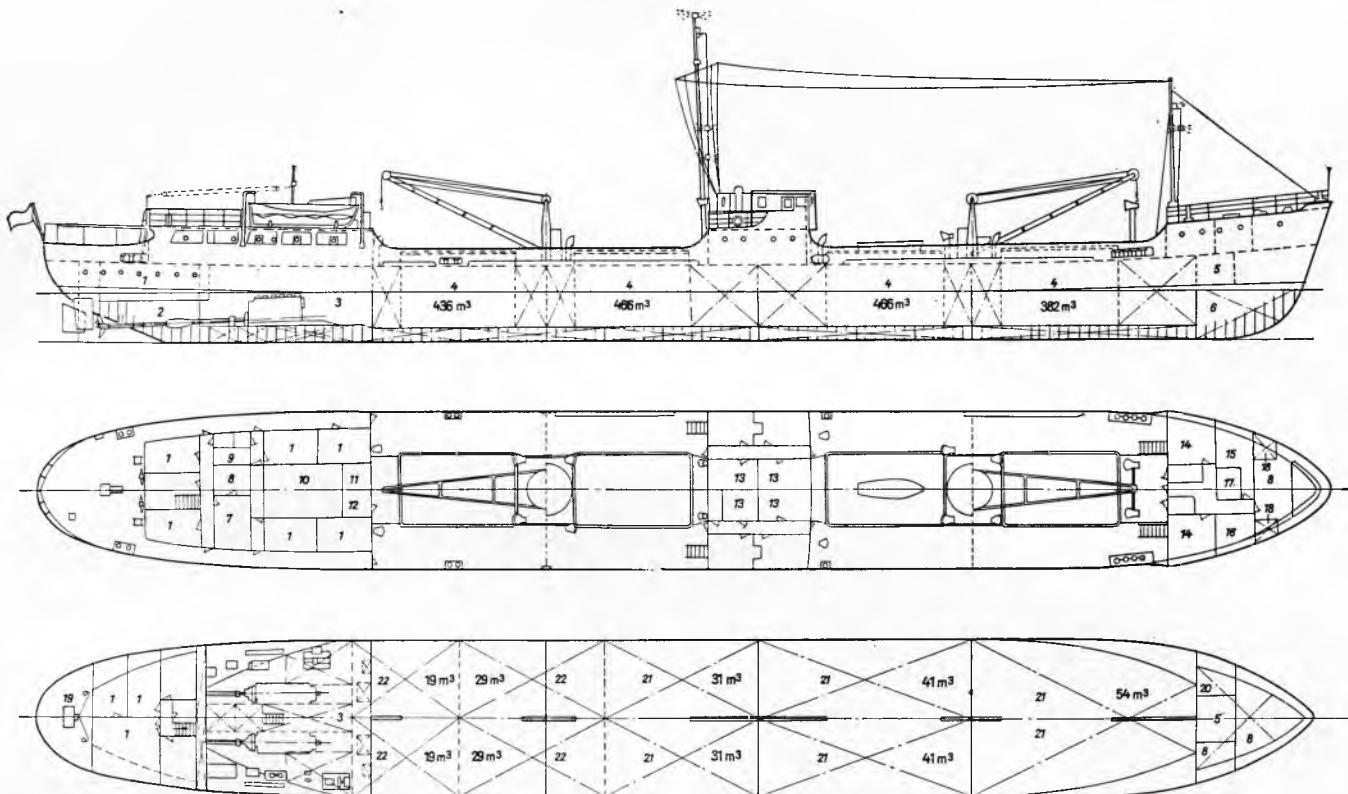
Riječno-morski brod mora imati relativno veliku nosivost uz mali gaz; konstrukcija trupa, ponašanje na valovima i brzina moraju biti kao u morskog teretnog broda; snaga pogonskog stroja mora biti dovoljno velika da brod sam savlada brzice na rijeci; potrebna su mu izvrsna manevarska svojstva kao što ih ima riječni brod, a radi prolaza ispod mostova ne smije biti suviše visok.

Velika nosivost uz mali gaz postiže se velikim omjerima dužine i gaza broda L/T i širine i gaza broda B/T . Velik omjer L/T je razlog da vijak izranja iz vode kad brod posrće na morskim valovima, pa brod gubi brzinu. Djelomično rješenje se postiže dvovijčanim pogonom s brzohodnim vijcima malog promjera. Velik omjer B/T ima nekoliko nedostataka. Zbog njega brod ima suviše velik početni stabilitet pa se na valovima jako i žestoko ljujla. Da se smanji veliki početni stabilitet, treba povisiti težište broda postavljanjem pomoćnih strojeva visoko i krcanjem balasta u trim-tankove i duboke tankove, a ne u dvodno. Krcanje balasta u prednji i stražnji trim-tank i u duboke tankove opet ima nedostatak da dolazi do koncentracije opterećenja brodske konstrukcije. Visoki omjer B/T je nepovoljan i za kormilarska svojstva broda i za ponašanje broda na valovima, pa se na rijeci brodom teško kormili a na uzburkanom moru brod mnogo gubi na brzini.

Poseban problem predstavlja izbor bočne visine broda H . Ako se na gaz broda doda visina nadvođa određena propisima, dobivena bočna visina je suviše mala s obzirom na uzdužnu čvrstoću broda potrebnu za plovidbu po uzburkanom moru. S druge strane, velika bočna visina također je nepovoljna jer povećava težinu brodskog trupa, pa uz isti gaz brod ima manju nosivost, a i površina nadvodnog dijela trupa postane suviše velika u odnosu prema površini podvodnog dijela, pa je otežano kormilarenje kad na brod djeluje bočni vjetar. Zato se bočna visina mora odabratiti tako da ne bude veća nego što to zahtijeva čvrstoću broda.



Sl. 22. Glavno rebro broda za Velika jezera »George M. Humphrey«; $L_{PP} = 183$ m, $B = 23,9$ m, $H = 11,5$ m, $T = 7,2$ m, $D = 3,2210$ ts, $P_B = 8500$ KS; $\delta = 0,873$, $\beta = 0,992$, $a = 0,938$, $V = 14,5$ čv



Sl. 23. Generalni plan riječno-morskog broda »Kolubara«; $L_{CWL} = 77,6$ m, $B = 9,65$ m, $H = 4,62$ m, $T = 3,013$ m, $A = 1738$ t, $V = 11$ čv. 1 kabina posade, 2 krmeni pik, 3 strojarnica, 4 skladište za teret, 5 landanik, 6 pramčani pik, 7 kuhinja, 8 spremište, 9 hladeno spremište hrane, 10 grotište strojarnice, 11 akumulatori, 12 spremište boca CO₂, 13 kabine časnika, 14 rezervne kabine, 15 praonica, 16 spremište hrane, 17 spremište piva, 18 tank pitke vode, 19 kormilarski uređaj, 20 spremište boja, 21 tankovi u dvodnu za voden balast, 22 tankovi u dvodnu za gorivo

Uzdužna čvrstoća trupa riječno-morskog broda je obično dovoljna ako je omjer dužine i bočne visine broda $L/H = 15\cdots 17$.

Prema tome, riječno-morski brod je u tehničkom i nautičkom pogledu kompromisno rješenje koje ima mnoge nedostatke. I sa ekonomskog stanovništa ovaj tip broda ne mora biti uvijek povoljan. Transport riječno-morskim brodom je na rijekama manje ekonomičan nego transport riječnim brodom, a na moru manje ekonomičan nego morskim brodom. Zavisi od konkretnih okolnosti da li je ta manja ekonomičnost transporta riječno-morskim brodom kompenzirana time što je izbjegnuto prekrcavanje tereta sa riječnog na morski brod ili obratno.

Postojeći riječno-morski brodovi imaju nosivost $900\cdots 1600$ t. Za vrijeme niskog vodostaja rijeke brod se obično ne može potpuno nakrcati jer bi imao prevelik gaz, pa mu je u tom slučaju i nosivost manja. Da li je po obliku trupa riječno-morski brod sličniji riječnom ili morskom brodu, to ovisi o vodnom putu za koji je brod namijenjen. Npr. brodovi za Rajnu i Sjeverno more sličniji su morskim brodovima, a brodovi za Dunav, Crno more i Sredozemno more sličniji su riječnim brodovima. Sjeverno more je nemirnije od Sredozemnog, pa brod za Rajnu i Sjeverno more treba prvenstveno da ima dobro ponašanje na valovima. Plovیدba Dunavom je teža nego Rajnom, pa brod za Dunav i more treba da ima pretežno karakteristike riječnog broda. Prosječni omjeri glavnih dimenzija riječno-morskih brodova iznose: $L/B = 4,6\cdots 8$, $B/T = 3,1\cdots 3,7$, $H/T = 1,3\cdots 1,7$, a koeficijent istinsne $\delta = 0,70\cdots 0,84$. Sve navedene vrijednosti vrijede za maksimalni gaz broda.

Brzina riječno-morskih brodova u plovidbi morem većinom iznosi ~ 11 čv, a u plovidbi rijekom 17...21 km/h. Standardni riječno-morski brodovi dužine 70...75 m, da bi postigli te brzine, trebaju pogonsko postrojenje od 800...1000 KS. Tolika snaga po pravilu nije dovoljna da bi brodovi koji saobraćaju Dunavom i Crnim morem sami mogli proći kroz brzice u Đerdapu, nego se koriste lokomotivskom vučom. (To će se izmijeniti nakon izgradnje brane na Đerdapu.)

Raspored prostorija na riječno-morskom brodu je sličan kao na malom morskom teretnom brodu. Na krmenom dijelu broda

su strojarnica i nastambe posade, srednji dio broda zauzimaju skladišta tereta, a u pramcu su priručna spremišta i eventualno još koja kabina za posadu. Vrlo često se u sredini broda nalazi kratko nadgrade sa komandnim mostom, kormilarnicom, radio-kabinom i kabinama časnika (sl. 23). Riječno-morski brodovi često nemaju na čitavoj dužini dvodno. Jarboli su redovito preklopni i služe samo kao nosači radio-antena i signala, a teret se krca pomoći posebnih palubnih okretnih dizalica. Ostala oprema riječno-morskog broda uglavnom je jednaka opremi malih morskih teretnih brodova.

Tablica 5
RIJEČNO-MORSKI BRODOVI

<i>Ime broda</i>	<i>Duisburg</i>	<i>Kassa</i>	<i>Angele Higgins</i>	<i>Kolubara</i>
Godina gradnje	1937	1939		1957
Vodni put	Rajna-Sjeverno more	Dunav-Sredoz.more	Mississippi-Atlantik USA	Dunav-Sredoz.more Jugoslavija
Zemlja	Njemačka	Madarska		
Dužina L , m	70,00	74,00	73,50	73,26
Širina B , m	10,60	9,86	13,00	9,65
Gaz T_{max} , m	3,20	3,10	3,65	3,01
Visina H , m	4,25	4,70	5,18	4,62
Koeficijent δ	0,84	0,803	0,765	0,797
Pogonski stroj	dizel	dizel	dizel	dizel
Snaga, KS	800	800	1000	1000
Broj vijaka	2	2	2	2
Brzina, čv	11,0	10,87		11,0
Nosivost, t	1300	1267	2032	1228
Masa praznog broda, t	755	602	702	518

U tablici 5 iznijeti su osnovni podaci za nekoliko izgrađenih riječno-morskih brodova.

LIT.: B. V. Цеханович, Речное судостроение, Ленинград 1933. — Н. К. Дордийонов, Речное судостроение, Ленинград 1934. — W. Teubert, Die Binnenschifffahrt, Berlin 1936. — P. Mardešić, Riječno brodarstvo, Zagreb 1943. — Д. С. Артамонов, М. Н. Михеев, И. С. Мореходов, М. М. Чалышев, А. И. Яковлев, Судовая речная практика, Москва 1947. — Ф. А. Сидоренко, П. Г. Авотин, Устройство и основы теории речных судов, Ленинград 1947. — G. Hase, Binnenschiffseichung, Leipzig 1953. — W. Ulrich, Binnenschiffe und Binnenschifffahrt in ihrer Entwicklung, Leipzig 1954. — В. П. Кузнцов, Речные деревянные суда, Ленинград 1956. — A. Roorda, E. Maerlberg, Small seagoing craft and vessels for inland navigation, Haarlem 1957.