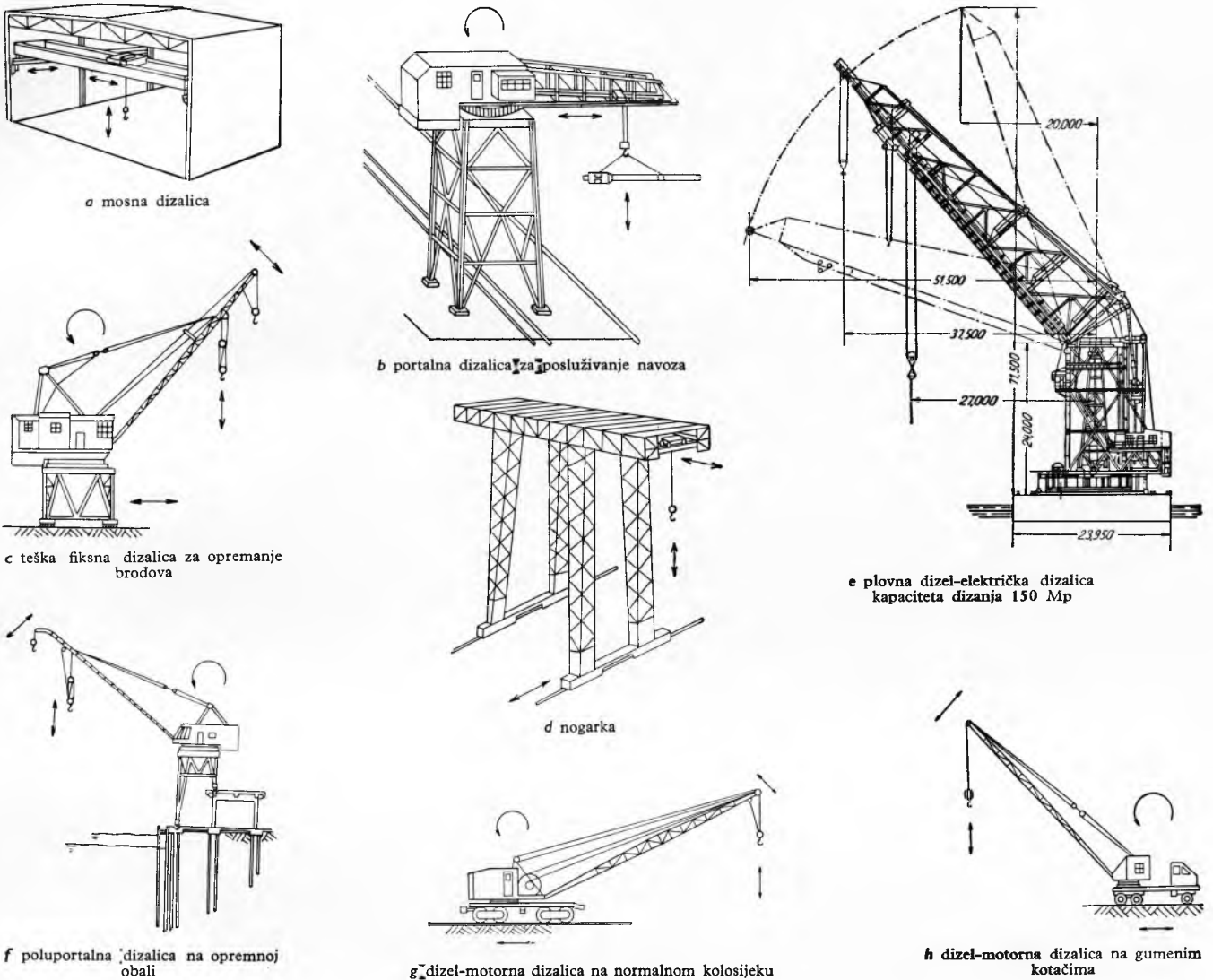


Sredstva unutrašnjeg transporta. Veliki obrt materijala za vrijeme gradnje broda zahtijeva dobru i funkcionalnu organizaciju unutrašnjeg transporta u brodogradilištu. Za prijenos materijala unutar brodogradilišta služe vagoni na kolosijecima, specijalna cestovna vozila i različite vrste dizalica.

Primjena nogarka u radionicama pojednostavnjuje i pojeftinjuje izgradnju radioničkih zgrada. *Plovne dizalice* (sl. 18 e) služe za montažu teških predmeta pri opremi broda i eventualno za istovar materijala dopremljenog brodom. Rad s plovnom dizalicom je prilično težak, ali prednost je njena velika pokretljivost. *Motorne*



Sl. 18. Tipovi brodogradilišnih dizalica

Transport vagonima zahtijeva dosta prostora, jer su minimalni radijusi zakrivljenosti kolosijeka prilično veliki. Stoga funkcionira dobro samo ako su prometni pravci dobro određeni i ako je predviđeno dovoljno petlji za mimoilaženje, odnosno dovoljno dvostrukih kolosijeka. Prednost je transporta na vagonima što se velike težine prenose uz utrošak relativno male snage.

Transport u modernom brodogradilištu sve se češće obavlja po betonskim ili asfaltiranim cestama pomoću specijalno uređenih autokara ili platformi s gumenim kotačima. Ni autokari ni platforme koje vuku traktori ne trebaju velik prostor za zaokretanje.

Velik i važan dio transporta materijala obavlja se dizalicama. U brodogradilištu se upotrebljavaju uglavnom ove vrste dizalica (sl. 18): mosne dizalice, portalne dizalice, fiksne dizalice, poluportalne dizalice, nogarke, plovne dizalice i motorne dizalice.

Mosne dizalice (sl. 18 a) kapaciteta 5...25 Mp prenose materijal u radionicama. U manjim radionicama i za precizne montažne radove dizalicom se upravlja s radne površine, inače iz kabine na samoj dizalici. *Portalne dizalice* (sl. 18 b) su na navozima i opremnim obalama. Kapacitet im je 7...50 Mp. Na opremnoj obali se ponekad upotrebljavaju i *poluportalne dizalice* (sl. 18 f), a za montažu teških strojeva, kotlova itd. i *teške fiksne dizalice* (sl. 18 c). *Nogarke* (sl. 18 d) se više upotrebljavaju u radionicama a rjeđe na navozima.

dizalice na željezničkim kolosijecima (sl. 18 g) primjenjuju se na otvorenim slagalištima. Kapacitet im je 2...7 Mp, a mogu ujedno da služe za vuču vagona. *Motorne dizalice na gumenim kotačima* (sl. 18 h) upotrebljavaju se na otvorenim slagalištima i u radionicama. Obično imaju kapacitet 2...10 Mp, ali ima ih i do 25 Mp.

LIT.: С. Г. Концевич, Судостроительные верфи, Ленинград 1934. — F. G. Fasset, ed., The shipbuilding business in the United States of America, New York 1948. — Ю. Е. Гецов, Проектирование судоремонтных и судостроительных предприятий, Москва 1959. — Н. А. Головин, Технология ремонта корпуса судна, Москва 1966. V. i Brod.

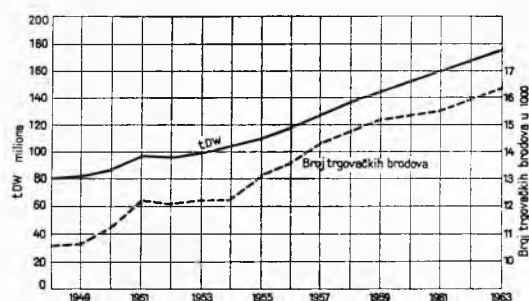
S. Ercegović

BRODOGRADNJA, grana privrede koja se bavi građenjem, opremanjem, održavanjem i opravljanjem brodova i drugih plovnih objekata; nauka i umijeće građenja brodova i drugih plovnih objekata.

Među svim transportnim mogućnostima transport vodenim putovima zauzima dominantan položaj. Preko tri četvrtine međunarodne svjetske trgovine odvija se morskim putovima, brodovi su dakle osnov za ostvarenje razmjene ekonomskih dobara. U poređenju sa brodovima sredstva transporta kopnom i zrakom imaju vrlo mali kapacitet. Današnji standardni teretni brod od 15 000 tona nosivosti ima isti kapacitet kao 30 vlakova sa 25 dvadeset-tonskih vagona i kao kolona od 2000 sedam-i-pol-tonskih

teretnih automobila. Specifična težina transportnog sredstva po 1 toni tereta iznosi približno: za avion 3,5...4 t, za teretni vlak 0,8...0,9 t, za teretni automobil 0,57...0,65 t, a za brod svega 0,22...0,35 t. Za prijevoz 1 t tereta avion treba približno 2000...3000 KS, teretni automobil 20...30 KS, teretni vlak 3...5 KS, a teretni brod 0,3...0,6 KS. Kopnena i zračna transportna sredstva su, međutim, brža od broda: avion 14...18 puta, teretni automobil 1,8...2,6 puta, teretni vlak 2...2,4 puta.

Zanemarujući niz faktora (cijenu transportnog sredstva, dužinu njegova vijeka u eksploataciji i troškove održavanja, cijenu goriva i maziva, plaće posada, itd.) može se izračunati da je brod za jednak prevaljeni put ekonomičniji od aviona ~ 350 puta, od teretnog automobila ~ 25 puta, od teretnog vlaka ~ 4 puta. Vodeni su putovi između luka, istina, često dulji od kopnenih, a osim toga treba robu namijenjenu transportu brodom redovito od proizvođača do luke i od luke do potrošača transportirati i kopnenim putem. Time se smanjuje ekonomska prednost pomorskog transporta, ali na duljim relacijama to po pravilu bitno ne utječe na konačni rezultat upoređenja s drugim transportnim sredstvima. Tako je, npr., transport iz Antwerpena u pozadinu riječke luke kombiniranim pomorsko-kopnenim putem znatno

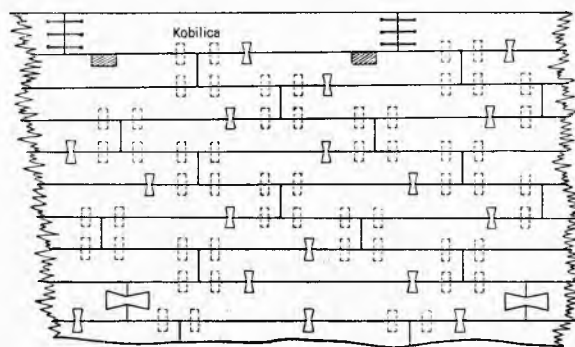


Sl. 1. Porast svjetske trgovačke flote

jeftiniji nego željeznicom, i pored velike razlike u dužini putova (Antwerpen—Rijeka željeznicom 1160, morem 5600 km). Između udaljenih kontinenata, pak, masovni transport robe je jedino morskim putem i moguć.

U prošlom deceniju obim pomorske trgovine porastao je za ~ 70%. Na sl. 1 prikazan je porast svjetske trgovačke flote, izražen tonama nosivosti DW i brojem trgovačkih brodova, u razdoblju od 1948 do 1963. Na početku 1964 svjetska trgovačka flota, uključujući rezervnu flotu USA, imala je 137 657 hiljada BRT, od čega je jedna trećina otpadala na tankere. Godišnje se izgrađuje ~ 9 milijuna BRT novog brodovlja, što predstavlja vrijednost između 800 milijuna i 1 milijarde £stg, odnosno ~ 2,5 milijarde US \$.

Brod će biti to rentabilnije transportno sredstvo što je cijena njegove gradnje niža, njegov pogon i održavanje jeftiniji, njegova veličina i prema bolje prilagođene obimu prometa i vrsti tereta, a njegov vijek trajanja duži. U pogledu rentabilnosti optimalno rješenje broda zavisi, dakle, s jedne strane od projektanta (izbora optimalnih dimenzija, opreme i pogonskog sistema broda), a s druge strane od brodograđevne industrije (cijene broda i kva-



Sl. 2. Način spajanja trenica oplata u starom vijeku

liteta brodske konstrukcije i opreme, od kojih zavisi efikasnost i vijek trajanja broda).

Historija gradnje broda stara je koliko i poznata historija ljudskog roda. U prvim počecima gradile su se primitivne splavi, zatim čamci od izduženog debla, pa brodovi od primitivno tesanih greda i dasaka međusobno vezanih konopom ili spojeni drvenim, a kasnije metalnim čavlima. Dugo, do početka XX stoljeća, drvo je ostalo osnovni građevni materijal u brodogradnji. Izgradnja većih brodova zahtijevala je ne samo naročitu stručnost graditelja broda nego i koordinirani rad više struka. Kako su brodovi postajali veći i složeniji, u njihovoj izgradnji moralo je kooperirati sve više vrsta stručnih radnika: tesari, monter, kovači, jedrari, alatničari, rezbari, stolari, dekorateri itd.

U starom vijeku su dobro organizirane države kao Babilon, Egipat, Fenicija, Grčka, Rim itd. imale razvijenu brodogradnju u kojoj su bili uposljeni stručnjaci različitih zanata.

U prvo vrijeme Egipćani su gradili brodove od papirusa, koji nije bio baš prikladan brodograđevni materijal. U drugoj polovici — V milenija počeli su upotrebljavati drvo akacije za gradnju nilskih brodova, koji nisu morali biti naročito čvrsti, pa je i mekano drvo u kratkim komadima još nekako služilo svrsi. Kad su u — III mileniju počeli graditi morske brodove, morali su uvoziti cedar iz Libanona. Egipatski brodovi su imali kobilicu, statve i oplatu. Rebra nisu postojala pa je oplata bila naročito debela. Ta debelina je pogodovala ondašnjem načinu spajanja dasaka drvenim klinovima i pritezanim drvenim zaticima u obliku dvostrukog lastinog repa (sl. 2). Pramac i krma su bili međusobno povezani i pritegnuti debelim konopom postavljenim na upornjake površ palube. Taj je konop preuzimao dio težine pramčane i krmene konstrukcije i tako smanjivao savijanje broda u sredini.

Feničani su počeli graditi svoje brodove po uzoru na egipatske. Oni su u povoljnom položaju jer su imali u svom kopnenom zaleđu ogromne količine cedrove šume. Osim za sebe, oni su gradili brodove za Babilonce, Asirce i Perzijance. Fenički brodovi su bili čvrsto građeni i prema nekim podacima već u — VIII st. imali su rebra. Tim brodovima Feničani su održavali veze sa cijelim Sredozemljem, pa čak i izlazili izvan Sredozemnog mora.

Grčka, koja je u posljednjim stoljećima prije naše ere postala najvažnija pomorska država u Sredozemlju, preuzela je od Feničana načine gradnje brodova.

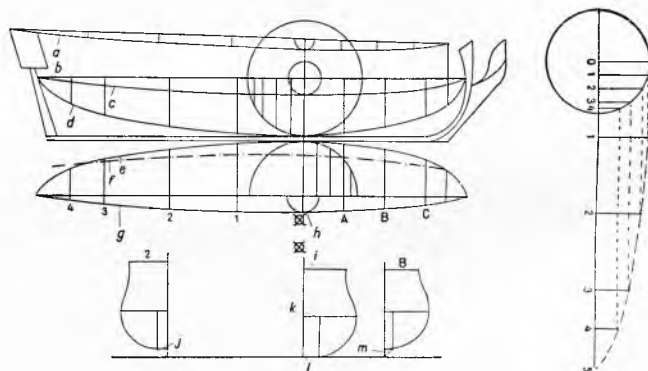
Rimljani su preuzeli način gradnje trgovačkih brodova od feničke kolonije Kartage, a ratnih brodova od Grka. Karakteristično je da su za pogon ratnih brodova služila vesla, a na trgovačkim brodovima su se gotovo isključivo upotrebljavala jedra. Rimljani su sistematski prikupili podatke i iskustva o načinima gradnje brodova staroga vijeka, ali su ti podaci propašću Rimskog carstva izgubljeni. Kontinuitetom gradnje zadržala su se neka njihova iskustva u brodogradnji Bizanta i Venecije.

U srednjem vijeku Venecijanci su bili najznačajnija pomorska sila na Mediteranu. Oni su se služili načinom gradnje grčkih trijera, koje su usavršavali. Na njihovim galijama već se vidi današnji način gradnje drvenih brodova: pojačane rebrnice prolaze preko kobilice, preko njih je položeno pasmo, a na unutrašnjoj strani rebara pričvršćuje se unutarnja oplata.

Dubrovnici su gradili brodove po uzoru na Venecijance i uspješno im konkurirali. Dubrovačka republika gradila je brodove u vlastitim brodograđilištima, ali ih je naručivala i u Korčuli. Osim Venecijanaca i Dubrovnaca najpoznatiji brodograditelji u Sredozemnom moru bili su Španjolci, Arapi, Francuzi i Genovežani.

Na sjeveru Evrope prevladavao je vikinški način gradnje brodova. Tako su se gradili čvrsti brodovi, često od hrastovine, bez zatvorene palube, s rebrima i preklapne građe. Pod konac XV st. razvija se brodogradnja naročito u Engleskoj i Holandiji.

Iskustva konstruiranja i gradnje brodova prelazila su s oca na sina. Tek u novom vijeku, potkraj XVI st., počeli su se graditi brodovi prema unaprijed izrađenim planovima. U konstruiranju polazilo se od iskustava stečenih s geo-



Sl. 3. Način crtanja brodskih linija u XVI i XVII st.

metrijskim oblicima, kao što se to za gradnju leuta još i danas običava raditi u nas na Korčuli. Najprije bi se fiksirale glavne dimenzije broda, a zatim nacrtao profil broda (kobilica, statve i paluba). Odlučilo bi se gdje će se postaviti glavno rebro, koje u pravilu nije bilo na sredini dužine broda nego pomaknuto prema pramcu. Odredile bi se pozicije maksimalnih širina broda razvojem kruga, a na isti način bi se dobio i preluk gornje palube (samo sa nešto manjim radijusom), projekcija palube i projekcija ravnog dijela broskog dna (sl. 3). Oblik glavnog rebra bio je uglavnom kombinacija kružnih lukova različitih polumjera.

U drugoj polovici XVII stoljeća u Francuskoj se osnivaju prve brodograđevne škole, a od tog vremena datiraju i prvi pokušaji da se pojedini problemi teorije broda — kao npr. stabilitet, otpor, ponašanje na valovima — riješe naučnim metodama. Ti prvi teorijski radovi bili su ograničeni samo na istraživanja oblika broskog trupa i u brodogradnji nisu naišli na praktičnu primjenu. Tek od XIX st., kad je uveden parni stroj kao pogonsko sredstvo broda a željezo i čelik kao osnovni brodograđevni materijal, naučna istraživanja i primjena novih naučnih dostignuća počinju i u brodogradnji zauzimati sve dominantniju ulogu, potiskujući zanatske i empirijske metode gradnje broda.

Osvajanjem proizvodnje limova i profila odgovarajućeg kvaliteta i cijene bio je riješen problem izgradnje čeličnih brodova neograničene veličine. Prijelaz na čelične brodove doveo je neke zemlje s razvijenom drvenom brodogradnjom u težak položaj, i to naročito one koje su bazirale izgradnju brodova na bogatim šumama u zaleđu. U takvom su se položaju našla i naša brodograđilišta na Jadranu. Brodograđilišta zemalja s razvijenom čeličnom industrijom morala su se brzo preorijentirati na gradnju čeličnih brodova, što nije išlo lako. Za gradnju drvenih

brodova bili su dovoljni jednostavni alati i radilo se na obrtnički način. U gradnji čeličnih brodova trebala su velika investicijska sredstva za nabavu teških i skupih strojeva za obradu limova i profila, trebalo je ovladati tehnologijom obrade metala i trebalo je provesti novu, industrijsku organizaciju proizvodnje. Za velike brodove morali su se graditi veliki, dugački navozi sa skupim prednavozima u moru, a opremne obale morale su biti duboke i snabdjevane teškim dizalicama.

U najpovoljnijem položaju našla su se brodogradilišta industrijski razvijenih zemalja sjeverne Evrope, prvenstveno Engleske, u kojoj se je isprva gradilo 60% svih čeličnih brodova na svijetu. Tek nakon Drugoga svjetskog rata Engleska gubi svoj primat u tonaži novoizgrađenih brodova. G. 1955 Englesku sustiže Japan, 1958 Zapadna Njemačka, a od 1958 japanska brodogradnja po obimu proizvodnje definitivno zauzima prvo mjesto.

Značenje brodogradnje u privredi zemlje. Brodogradnja se s obzirom na proces proizvodnje razlikuje u osnovi od drugih privrednih grana. Specifičnost brodogradnje je u tome što je brod u stvari sinteza ogromnog broja najrazličitijih proizvoda, poluproizvoda i sirovina, na čijoj je izradi sudjelovao niz različitih industrijskih grana. U brodogradilištu se izrađuje trup broda od materijala koji uglavnom isporučuju željezare i čeličane, a montira oprema proizvedena u drugim tvornicama. Brodogradilište dobivene sirovine i poluproizvode obrađuje, neke samo doraduje i konačno sklapa, a neke samo montira, i tako izrađuje svoj finalni produkt — brod. Gotovo nema industrijske grane čiji se proizvodi ne upotrebljavaju pri gradnji i opremi broda, pa zato, s jedne strane, brodogradnja stimulira razvoj velikog broja drugih industrijskih grana, a s druge strane svaki napredak i svako novo dostignuće u nekoj industrijskoj grani ubrzo se reflektira i u brodogradnji. Prema tome, za jednu zemlju brodogradnja nije značajna samo zato što proizvodi brodove već i zato što direktno doprinosi razvoju industrijskog potencijala zemlje općenito.

Posebnu važnost za privredu zemlje predstavlja gradnja brodova za izvoz, jer pored toga što se izvozom brodova ostvaruje priliv deviza, on ujedno znači i indirektni izvoz proizvoda ostalih industrijskih grana koje snabdjevaju brodogradnju, a koje te svoje proizvode ne bi mogle direktno plasirati na inostrano tržište. Izvoz brodova je pogotovo značajan ako je ostala industrija zemlje toliko razvijena da je u stanju snabdijevati brodogradnju većinom potrebnih sirovina, poluproizvoda i proizvoda, pa za izradu broda ne treba u većem opsegu uvoziti brodograđevne materijale i opremu iz inostranstva i tako umanjiti devizni priliv postignut izvozom brodova. Međutim, izvoz brodova je obično rentabilan čak i kad brodograđevna industrija mora uvoziti dobar dio materijala i opreme.

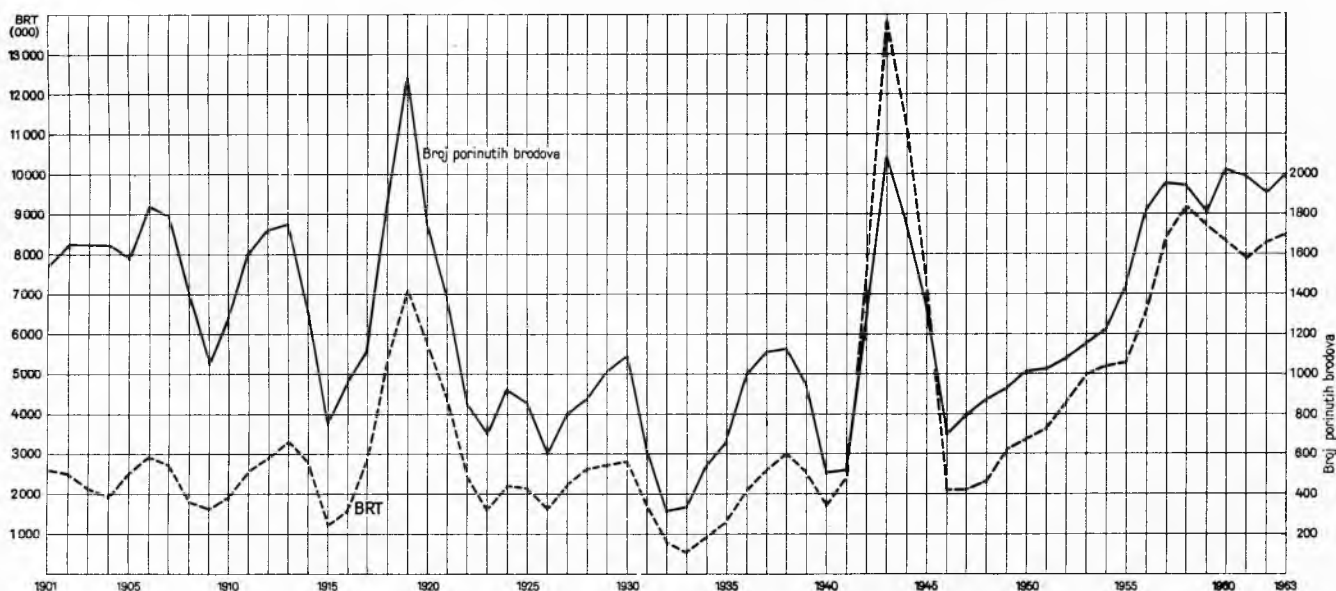
Razvijena brodograđevna industrija je vanredno važan faktor kako za pomorsku privredu zemlje tako i za zaštitu i sigurnost zemlje, jer olakšava izgradnju, održavanje i moderniziranje vlastite trgovačke i ratne mornarice. Važnost koju brodogradnja ima za razvoj cjelokupne industrije zemlje, za vanjsku trgovinu i za zaštitu zemlje razlog je da državna uprava uvijek pokazuje poseban interes za tu industrijsku granu, nastojeći da raznim mjerama i intervencijama uskladi zamršene ekonomske i političke momente koji bitno utječu na razvoj i proizvodnju brodogradnje.

Tablica 1
BRODOVI PORINUTI GODIŠNJE 1901—1963

Godina	Broj porinutih brodova	BRT (u 000)	Godina	Broj porinutih brodova	BRT (u 000)	Godina	Broj porinutih brodova	BRT (u 000)
1901	1538	2 617,6	1922	852	2 467,1	1943	2078	13 884,8
1902	1650	2 502,8	1923	701	1 643,2	1944	1738	11 169,5
1903	1650	2 145,6	1924	924	2 247,8	1945	1326	7 192,7
1904	1643	1 987,9	1925	855	2 193,4	1946	690	2 114,7
1905	1576	2 514,0	1926	600	1 675,0	1947	787	2 102,6
1906	1836	2 919,8	1927	802	2 285,7	1948	872	2 309,7
1907	1788	2 778,1	1928	869	2 699,3	1949	926	3 131,8
1908	1405	1 833,3	1929	1012	2 793,2	1950	1013	3 492,9
1909	1063	1 602,1	1930	1084	2 889,5	1951	1022	3 642,6
1910	1277	1 957,9	1931	596	1 617,1	1952	1074	4 395,6
1911	1599	2 650,1	1932	307	726,6	1953	1143	5 096,1
1912	1719	2 901,8	1933	330	489,0	1954	1223	5 251,2
1913	1750	3 332,9	1934	536	967,4	1955	1437	5 314,9
1914	1319	2 852,8	1935	649	1 302,1	1956	1815	6 670,2
1915	743	1 201,6	1936	999	2 117,9	1957	1950	8 501,4
1916	964	1 688,1	1937	1101	2 690,6	1958	1936	9 270,0
1917	1112	2 937,8	1938	1119	3 033,6	1959	1808	8 745,7
1918	1866	5 447,4	1939	941	2 539,4	1960	2020	8 356,4
1919	2483	7 144,5	1940	495	1 754,2	1961	1990	7 940,0
1920	1759	5 861,7	1941	510	2 491,1	1962	1901	8 374,8
1921	1379	4 356,8	1942	1300	7 815,4	1963	2001	8 538,5

Intervencije državne administracije ogledaju se prvenstveno u različnim oblicima subvencioniranja brodogradnje. Nema gotovo nijedne zemlje s razvijenom brodograđevnom industrijom čija državna uprava na neki način ne pomaže i ne subvencionira brodogradnju. Najjednostavnije je direktno subvencioniranje, kojim brodogradilište dobiva premiju za svaku BRT izgrađenog broskog prostora. Postoji i čitav niz posrednih načina subvencioniranja brodogradnje, kao što su: snabdijevanje brodograđevne industrije materijalom i strojevima po nižim cijenama, posebne carinske i poreske olakšice za brodogradnju, davanje subvencija ili dugoročnih niskokamatnih kredita domaćim parobrodarskim poduzećima za nabavku brodova u domaćim brodogradilištima, davanje premija za izvezene brodove, itd. Način subvencioniranja brodogradnje je u različnim zemljama različit, a i mijenja se prema momentalnim prilikama.

Kretanje svjetske brodograđevne proizvodnje. Izgradnja brodova u pojedinim razdobljima XX st. znatno je varirala (v. tablicu 1 i sl. 4). U prvom deceniju XX stoljeća do početka Prvoga svjetskog rata u prosjeku se godišnje (s manjim oscilacijama) izgrađivalo 2,4 milijuna BRT brodova. Osjetan porast izgradnje brodova nastaje nakon Prvoga svjetskog rata, a zatim proizvodnja ponovo pada i za vrijeme krize 1933 dolazi na najnižu tačku sa svega 0,5 milijuna BRT. Dosadašnji maksimum brodograđevne proizvodnje postignut je 1943 sa gotovo 14 milijuna BRT novoizgrađenih brodova. Nakon 1957 godišnja proizvodnja brodova se je uglavnom ustalila na 8-9 milijuna BRT.



Sl. 4. Porinuti brodovi (BRT) godišnje od 1901 do 1963

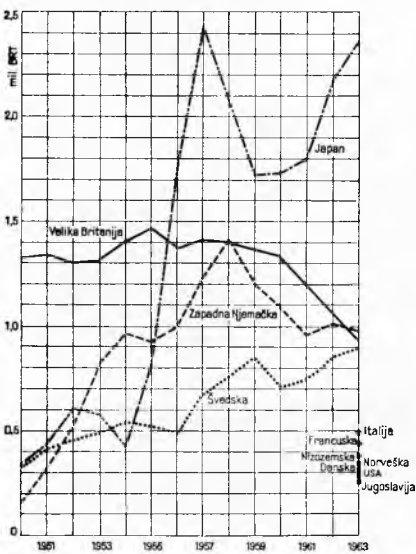
Kako se vidi u tabl. 1, u brodogradnji se periodski izmjenjuju razdoblja depresije i konjunktura. Iako se potrebe pomorskog prometa stalno povećavaju, u depresijskim godinama tonaža porinutih brodova pada na 1,5-2 milijuna BRT (iznimka u velikoj depresiji 1933 sa 0,5 milijuna BRT), a u konjunkturalnim godinama proizvodnja brodova se vrlo naglo povećava. Moglo bi se reći da konjunktura u brodogradnji gotovo uvijek prati veće regionalne ratove (balkanski, etiopski, španjolski, korejski itd.) s manjim porastima proizvodnje brodova i svjetske ratove s maksimalnim porastima proizvodnje brodova.

Kolebanja u zaposlenosti brodogradnje praćena su kolebanjima u drugim industrijama. U konjunkturalnim razdobljima pritiče velik broj radnika i stručnog osoblja, koji se prilično dugo mora priučavati i privikavati na specifičan rad u brodogradilištu. U godinama slabe zaposlenosti brodogradilišta nastoje zadržati stručnjake vršeći popravke brodova (što u doba konjunktura ne čine), bave se nebrodogradnim poslovima (izradom čeličnih konstrukcija, rezervoara, vagona, mostova itd.), a često intervenira i državna administracija dajući brodogradilištima narudžbe.

U konjunkturalnim godinama obavljaju se samo oni popravci brodova koje zahtijevaju klasifikaciona društva, i to u što je moguće

kraćem roku. Tada samo oko 8% cjelokupne brodograđevne radne snage radi na popravcima, dok se u depresijskim godinama taj postotak penje i do 30%.

Danas su tri najznačajnija proizvođača brodova Japan, S. R. Njemačka i Velika Britanija. Svaka od te tri zemlje godišnje izgrađuje između 1 i 2,5 milijuna BRT, tako da zajedno daju oko 60% cjelokupne svjetske brodograđevne proizvodnje. Već duže vrijeme Velika Britanija ne povećava svoje brodograđevne kapacitete, pa je u posljednjih 15 godina



Sl. 5. Izgradnja brodova najvećih svjetskih proizvođača

njena godišnja proizvodnja brodova bila gotovo konstantna, krećući se između 1 i 1,5 milijuna BRT. Od 1950 Japan i S. R. Njemačka su stalno proširivali postojeća brodogradilišta i otvarali nova, što je urodilo značajnim porastom proizvodnje brodova (sl. 5). Naročito brzi razvoj brodograđevne industrije imao je Japan, gdje se u posljednje vrijeme izgrađuje ~ 2 milijuna BRT godišnje.

Razvijenu brodograđevnu industriju i godišnju proizvodnju od 0,5 do 1 milijuna BRT imaju Švedska, Nizozemska, Italija i Francuska. Među zemlje čija se je brodogradnja nakon Drugoga svjetskog rata naglo i znatno razvila spada i Jugoslavija, koja je 1963 sa 264 416 BRT porinutih brodova zauzela jedanaesto mjesto na svjetskoj ranglisti proizvođača brodova.

U tablici 2 prikazani su podaci o broju i tonaži brodova koji su sredinom 1964 bili naručeni ili u gradnji u najvažnijim brodograđevnim zemljama.

Primjena novih tehnoloških metoda gradnje broda. Prve konstrukcije građevnih dijelova čeličnih brodova radene su pod jakim utjecajem načina gradnje drvenih brodova. Čelične brodove je gradilo isto ljudstvo koje je donedavna gradilo drvene brodove, pa se isprva nisu znali koristiti svim mogućnostima koje je pružao novi materijal.

Brodograditelji u čeliku su se postepeno oslobađali od utjecaja načina gradnje drvenih brodova. Npr. pri izgradnji broda s kobilicom i pasmom isprva se gradila gredna kobilica a pasma su se postavljala na rebrenice. Kasnije su se pasma gotovo uvukla među

Tablica 2.
TRGOVAČKI BRODOVI IZNAD 1000 BRT NARUČENI ILI U GRADNJI
1. MAJA 1964.

Zemlja	Broj brodova	BRT	Nosivost t DW	Snaga pogonskih strojeva HP
Belgija	15	194 000	316 850	155 850
Brazil	29	167 000	266 900	152 900
Danska	41	300 750	477 700	277 550
Finska	56	220 400	340 800	266 200
Francuska	67	1 167 200	1 818 850	815 835
Italija	56	1 089 000	1 249 270	1 016 360
Japan	265	6 893 559	11 130 060	3 813 160
Jugoslavija	58	480 600	756 200	550 600
Kanada	28	219 200	336 000	167 430
Njemačka D. R.	215	722 300	908 500	535 000
Njemačka S. R.	139	1 983 100	3 334 300	1 351 150
Nizozemska	69	514 200	740 300	470 500
Norveška	68	1 067 440	1 758 030	716 350
Poljska	44	330 500	440 600	305 800
S. S. S. R.	21	434 000	690 700	300 500
Španija	101	564 030	834 730	515 000
Švedska	140	2 806 200	4 662 935	1 869 090
U. S. A.	48	587 470	733 100	726 900
Velika Britanija	153	2 285 900	3 523 800	1 622 175
Ostale zemlje	149	470 000	737 600	443 900
Ukupno čitav svijet	1782	22 497 089	35 057 265	16 071 750

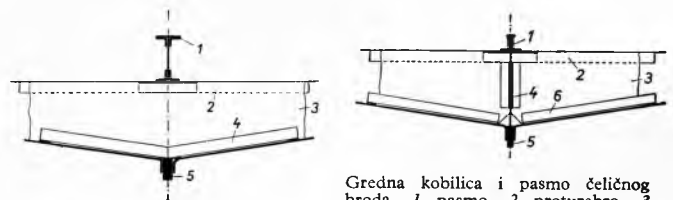
rebrenice i postala hrptenica, a gredna kobilica, ako iz naročitih razloga nije bila potrebna, zamijenjena je plosnom (sl. 6).

Prijelazom na željezne odnosno čelične konstrukcije u brodogradnji su se morale uvesti nove tehnološke metode gradnje broda, sasvim različite od onih koje su se primjenjivale za gradnju drvenih brodova. Pored potpuno novih metoda pripreme osnovnih sastavnih dijelova čelične brodske konstrukcije, tj. ravnjanja, označavanja, rezanja, savijanja, krivljenja, bušenja, probijanja, privijanja itd. limova i profila, trebalo je na najefikasniji način te dijelove spojiti u čvrste, krute a često i nepropusne sklopove od kojih je sastavljen brodski trup.

Sve negdje do tridesetih godina ovog stoljeća zakivanje je bilo gotovo isključivi način spajanja građevnih dijelova broskog trupa, pa su i tehnološki proces gradnje broda, oprema brodogradilišta i organizacija rada bili prilagođeni gradnji zakivanih brodova. Razvoj tehnike zavarivanja pružio je brodogradnji nove mogućnosti da poboljša, pojednostavi i pojeftini gradnju brodova, jer, u poređenju sa zakivanjem, zavarivanje ima brojne i značajne prednosti. Ali prijelaz na zavarene brodske konstrukcije značio je golem preokret u tehnologiji gradnje broda i zahtijevao promjene nekih osnovnih koncepcija načina rada i organizacije proizvodnje u brodogradilištu, pa nije prošao bez teškoća.

Zavarivanjem su se u brodogradnji počeli koristiti prije Prvoga svjetskog rata. Isprva je primjena zavarivanja bila ograničena na popravke brodova, a na novogradnjama su se zavarivali samo oni strukturni dijelovi koji su se smatrali manje važnim. Zavarivanjem se vrlo lako postiže nepropustan spoj, pa je to bio glavni razlog da su se neki manji brodovi, kao teglenice i riječni tankeri, čiji je trup izložen manjim naprezanjima, počeli graditi u zavarenoj konstrukciji.

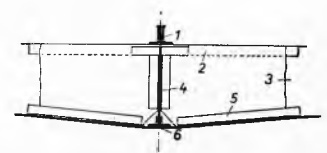
Prvi potpuno zavareni brod bio je dug ~ 45 m, a izgrađen je 1921 u Engleskoj. Između 1930 i 1940 u brodogradnji se je počelo



Ranija konstrukcija gredne kobilice i pasma čeličnog broda. 1 pasmo, 2 proturebro, 3 rebrenica, 4 rebro, 5 kobilica

Gredna kobilica i pasmo čeličnog broda. 1 pasmo, 2 proturebro, 3 rebrenica, 4 hrptenica, 5 kobilica, 6 rebro

Plosna kobilica i pasmo čeličnog broda. 1 pasmo, 2 proturebro, 3 rebrenica, 4 hrptenica, 5 rebro, 6 kobilica



Sl. 6. Primjer oslobađanja od utjecaja načina gradnje drvenih brodova

sve više primjenjivati zavarivanje. Već je 1937 izgrađen potpuno zavareni brod »Van Dyke« od 18 000 t DW. Značajan doprinos razvoju tehnologije zavarivanja i popularizaciji zavarivanja u brodogradnji dali su Amerikanci. Već 1917 jedna komisija u USA imala je zadatak da ispita mogućnosti što šire primjene zavarivanja u brodogradnji, a 1927 American Bureau of Shipping u svoje propise za gradnju brodova uključuje i zavarene brodske konstrukcije. Istovremeno se i u Njemačkoj čine ozbiljni napori da se u brodogradnji zakivanje što više zamijeni zavarivanjem. Definitivnoj afirmaciji zavarenih brodskih konstrukcija pridonio je Drugi svjetski rat. Tokom rata u USA je došlo do intenzivne serijske gradnje zavarenih brodova i iskustva stečena u tom razdoblju omogućila su da se nakon rata u čitavom svijetu općenito pređe na zavarene brodske konstrukcije. Danas je zavarivanje ustaljeni način izgradnje brodova, a zakivanje se primjenjuje samo u pojedinih slučajevima za neke određene dijelove brodske konstrukcije (uzvojni lim, završni voj, šavove vanjske oplata, koljena, itd.).

Zavarivanje je omogućilo djelomičnu automatizaciju proizvodnog procesa i značilo je početak korjenitih promjena u metodama gradnje broda. Umjesto da se montiraju pojedini građevni dijelovi na navozu, prelazi se na predfabrikaciju velikih sekcija broda koje se na navozu sklapaju u brodski trup. Klasični način trasiranja broda sve se više zamjenjuje optičkom metodom označavanja limova, a u najnovije vrijeme uvode se elektronski uređaji koji prema posebnom programu direktno upravljaju strojevima za rezanje i savijanje limova i profila. Razvijeni su brojni specijalni automatski strojevi za različite radne operacije i uvedene su moderne metode za kontrolu kvaliteta rada. Sve je to doprinijelo tome da je u posljednjih dvadeset godina proizvodnost u brodogradnji značajno porasla i da je trajanje gradnje broda osjetljivo skraćeno.

Iako je epoha gradnje drvenih brodova prošla, ipak se još i danas u određenim uvjetima i određeni tipovi brodova grade od drva. Gradnja brodova od drva može biti ekonomski opravdana, po pravilu, za brodove dužine do 25 m, odnosno do 150 tona nosivosti. Zemlje s bogatim šumama i nerazvijenom čeličnom industrijom gradit će i veće brodove od drva, a zemlje s razvijenom čeličnom industrijom asiromašne drvom naći će ekonomsko opravdanje da grade čelične brodove i daleko ispod spomenute granice.

Zbog lake i jednostavne obrade, male specifične težine i male toplinske vodljivosti drvo je još uvijek vrlo prikladan materijal za gradnju manjih ribarskih brodova, jahti i čamaca. U novije vrijeme plastične mase počinju uspješno potiskivati drvo i na tome području, pa se sve više upotrebljavaju kao osnovni materijal za gradnju čamaca i manjih brodova.

Utjecaj propisa klasifikacionih društava i međunarodnih propisa na razvoj brodogradnje. Na razvoj moderne brodogradnje snažan utjecaj su imali propisi društava za klasifikaciju brodova. Prvo društvo za klasifikaciju brodova, Lloyd's Register, osnovano je u Londonu već u drugoj polovini XVIII st., a u XIX st. su gotovo sve značajnije pomorske zemlje osnovale svoja klasifikaciona društva, koja izdaju vlastite propise za gradnju broda (v. Konstrukcija broda u članku *Brod*). Ti propisi u stvari predstavljaju izvjesnu standardizaciju građevnih dijelova broda, pa omogućavaju da se skoro bez ikakvog proračuna odrede dimenzije elemenata broskog trupa. Zahvaljujući propisima klasifikacionih društava, gradnja broda je postala jednostavnija i brža, a brodovi sigurniji i jeftiniji.

Klasifikaciona društva su svoje propise za gradnju brodova stalno dopunjavala, usavršavala i usklađivala sa općim razvojem tehnike. Prvi propisi klasifikacionih društava bili su zapravo sistematizirano dugogodišnje iskustvo brodograditelja; u kasnijem razdoblju, a naročito u najnovije vrijeme, rezultati naučnih istraživanja i naučno tretiranje problema brodske konstrukcije i brodograđevnih materijala postali su osnova za sve izmjene i dopune propisa.

Prve propise za gradnju željeznih brodova izdao je Lloyd's Register 1855, a već dvadeset godina kasnije favorizira svojim propisima upotrebu čelika time što propisuje da čelični dijelovi brodske konstrukcije mogu imati 20% manje presjeka nego željezni. Propisi Lloyd's Registera revidirani koncem XIX st. oslobođeni su od utjecaja konstruktivnih rješenja drvenih brodova, a propisi iz 1916 već uvelike vode računa o osnovnim postavkama nauke o čvrstoći. Današnji propisi su razrađeni na osnovu strogo naučnih

analiza lomova i havarija brodskih konstrukcija i obimnog teorijskog i eksperimentalnog istraživanja svojstava raznih konstruktivnih rješenja broskog trupa i raznih vrsta brodograđevnog materijala. Na taj način propisi klasifikacionih društava s jedne strane znatno olakšavaju gradnju broda, a s druge strane prisiljavaju brodograđevnu industriju da odstupa od duboko uvriježenih tradicionalnih metoda rada i da slijedi opći razvoj nauke i tehnologije.

Sigurnost broda je znatno povećana donošenjem međunarodnih propisa o nadvodu i međunarodne konvencije o sigurnosti ljudskog života na moru. I ti propisi su standardi koje mora zadovoljavati brodska konstrukcija i brodska oprema, pa je njima ostvareno jedinstveno i obavezno usklađivanje niza djelovanja u pomorstvu i brodogradnji svih država svijeta. Propisom o nadvodu određena je bočna visina broda, a baš je bočna visina jedan od glavnih faktora prema kojem propisi klasifikacionih društava određuju dimenzije građevnih dijelova trupa. Konvencija o sigurnosti života na moru propisuje broj i raspored nepropusnih pregrada, protupožarne uređaje, sredstva za spasavanje, sredstva za navigaciju i meteorološku službu, pa i ona bitno utječe na način gradnje i opreme broda.

Cijena broda ovisi o tipu, pogonskom sistemu i opremi broda. Od početka XX stoljeća varirale su prosječne cijene brodova po toni nosivosti, u £stg, ovako:

1905	1914	1920	1938	1941	1945	1949	1959	1961
6,0	7,5	30,0	16,0	19,5	26,0	49,0	96,0	98,5

Vidi se da su posljednjih godina cijene brodova u stalnom porastu, što je posljedica kako inflacijskih tendencija u svjetskoj ekonomici tako i povećanja stvarne vrijednosti brodova, na kojima pogonski uređaji postaju sve snažniji a oprema tehnički savršenija i složenija, pa i skuplja.

Po pravilu su dovršeni brodovi jeftiniji od brodova u gradnji. Ali u konjunkturnim razdobljima dešava se da su gotovo izgrađeni brodovi, odnosno brodovi koji u kratkom roku treba da budu izgrađeni, skuplji od brodova u gradnji. Na primjer cijena standardnog trampera od 9500 t nosivosti i 12 čv brzine iznosila je koncem 1945, dakle u vrijeme slabe konjunktore, ~90% cijene istog još nedovršenog broda, a koncem 1951, u doba velike konjunktore, gotov brod je bio ~23% skuplji od broda u gradnji.

U strukturi cijene broda važan udio imaju troškovi materijala za izgradnju trupa, pogonskog uređaja i ostale opreme, troškovi energije i pomoćnih materijala, i troškovi za radnu snagu (direktni i indirektni).

Materijali za izgradnju trupa ovise o vrsti broda, ali približan normativ po jednoj BRT jest: limova i profila 0,600 t, elektroda 0,012 t, čeličnih odljevaka i otkivaka 0,022 t, čeličnih cijevi 0,014 t, bakrenih cijevi 0,005 t, aluminijskih proizvoda 0,001 t, čeličnih armatura 0,005 t, armatura od bronce i mjedi 0,002 t, lanaca i čeličnih užeta 0,006 t, električnih kabela 0,0006 t, namještaja u kabinama 0,004 t, cementa 0,004 t, boja 0,002 t, vijaka 0,004 t, izolacijskog i brtvenog materijala 0,001 t, drva 0,011 t.

Tablica 3
UČEŠĆE TRUPA, POGONSKOG UREĐAJA I OSTALE OPREME
U TEŽINI BRODA

	Trup %	Pogonski uređaj %	Ostala oprema %
Putničko-teretni brodovi od ~ 9000 BRT i 16 čv	60	18	22
Putnički brodovi od ~ 10 000 BRT	56	20	24
Teretni standardni brodovi od ~ 10 000 BRT	60	16	24
Tankeri od ~ 19 000 t DW i 15 čv	62	18	20

Pogonski uređaji i ostala oprema također ovise o tipu broda. Težine trupa broda, pogonskih uređaja i ostale opreme izražene u postocima ukupne težine broda prikazane su u tabl. 3, a učešće vrijednosti trupa, pogonskog uređaja i opreme u ukupnoj vrijednosti broda prikazano je u tabl. 4.

Materijal trupa, pogonski uređaj i oprema zajedno predstavljaju dakle ~65% od ukupne vrijednosti broda.

Električna energija se u brodogradilištima troši uglavnom direktno za pogon strojeva za obradu i dobrim dijelom za transport.

Posredno se troši manje: za komprimiranje zraka, hidrauličke uređaje, osvjetljenje, ventilaciju, signalizaciju itd. Prosječni potrošak energije za izgradnju jedne BRT iznosi 300 kW. Vrijednost pomoćnih materijala za gradnju broda, uključujući pogonsko gorivo i mazivo za probne i primopredajne vožnje, računa se da iznosi po jednoj BRT 4...5 £stg.

Tablica 4

UČEŠĆE MATERIJALA TRUPA, POGONSKOG UREĐAJA I OPREME U VRIJEDNOSTI BRODA

	Materijal trupa %	Pogonski uređaj %	Oprema %	Ukupno %
Putničko-teretni brodovi od ~ 9000 BRT	18	25	23	66
Putnički brod od ~ 10 000 BRT	16	25	24	65
Teretni brod od ~ 10 000 BRT	19	23	22	64
Tanker od ~ 19 000 t DW, 15 čv	19	22	23	64

Približna prosječna struktura radne snage u brodogradilištima je ovakva: specijalisti 5%, kvalificirani radnici 37%, polukvalificirani i priučeni radnici 45%, nekvalificirani 15%.

Prosječni direktne radne snage u proizvodnji, prema specifičnostima koje prevladavaju u brodogradilištima, prikazan je brojkama u tabl. 5.

Tablica 5

STRUKTURA RADNE SNAGE U BRODOGRADILIŠTIMA

Brodogradilišta za:	Specijalisti %	Kvalificirani %	Polukvalificirani %	Nekvalificirani %
standardne trampere i linijske brodove	7	35	43	15
tankere	6	36	42	16
putničke brodove	9	40	40	11
popravke trgovačkih brodova	7	37	44	12
ratne brodove	11	52	30	7
popravak ratnih brodova	10	50	32	8

Po jednoj toni težine broda može se računati s prosjekom utroška efektivne radne snage u satima: za prekoceanski putnički brod (20 000 t) 300...360, za velike putničke brodove 280...340, za velike obalne putničke brodove 280...340, za super-tankere 110...130, za velike tankere 120...140, za linijske brodove 140...170, za standardne trampere 110...130, za obalne putničke brodove 240...280, za obalne teretne brodove 150...180, za male obalne teretne brodove 170...210. Tu nije obuhvaćena indirektna (režijska) radna snaga.

Gornjim vrijednostima treba još dodati utrošak radnog vremena projektanata i konstruktora. Za pojedine objekte računa se da je potrebno projektantskih i konstruktorskih sati: za tramper 100 000, linijski brod 150 000, putnički brod od 10 000 BRT 300 000, veliki obalni putnički brod 100 000, mali putnički obalni brod 40 000, obalni teretni brod 20 000, razarač 40 000, podmornicu 240 000, patrolni brod 50 000.

Radi ilustracije prikazana je u tablici 6 struktura cijene modernog teretnog jednovijčanog broda s otvorenom zaštitnom palubom, u god. 1960. Dimenzije broda jesu: $L_{PP} = 132,30$ m, $B = 18,20$ m, $H = 11,86$ m, $T = 8,07$ m; nosivost mu je 10 000 t DW; zapremina 5900 BRT odnosno 3500 NRT. Stroj: moderni dizel-motor ~ 4500 KS uz 115...120 o/min. Brzina u eksploataciji 13,5 čv.

U grupu 1 uzet je sav čelični materijal koji se procjenjuje na 3300 tona. Brod ima dugački kaštel, nagnutu prednju statvu i krstašku krmu. Predviđeno je 5 skladišta s mogućnošću krcanja u međupalublju. Čelične uzdužne pregrade su u skladištima i međupalublja izvan grotala. U području grotala dvodno je pojačano. Poklopci grotala su čelični. Brod je konstruiran po Lloyd's Registeru u klasi $\star 100$ A 1.

U grupu 2 uzeti su palubni pomoćni strojevi s pogonom na paru i rashladni uređaj za rashladnu komoru od 57 m³.

U grupu 3 uzeti su svi uređaji za manipulaciju teretom, uključivši jednu 50-tonsku samaricu, jednu 20-tonsku samaricu i deset

Tablica 6
STRUKTURA CIJENE BRODA 1960
(u deviznim dinarima uz tečaj 1 \$ = 750 d)

Elementi cijene	Cijena materijala 000 din.	Radna snaga i doprinosi 000 din.	Ukupna vrijednost 000 din.	%
1. Limovi i profili, odljevci i otkivci od čelika, jarboli, sohe itd.	331 800	161 175	492 975	23,72
2. Palubni pomoćni strojevi i opreme uključivši i rashladne strojeve	202 335	18 900	221 235	10,64
3. Oprema trupa: cjevovodi, oprema stambenih prostorija, oblage, bojadisanje itd.	115 216	124 583	239 799	11,61
4. Glavni i pomoćni strojevi strojnog pogonskog uređaja s generatorima struje i elektroinstalacijama	497 910	206 115	704 025	34,23
5. Indirektni troškovi, troškovi osiguranja, klasifikacije, plaćeni dopust i dobitak	—	—	409 259	19,80
Ukupna cijena	1 147 261	510 773	2 067 292	100,00

10-tonskih samarica. U ovu grupu uračunati su cjevovodi i oprema stambenih prostorija, koje se nalaze u međupalublju sredine broda.

U grupu 4 uzeti su glavni i pomoćni strojevi strojnog uređaja. U tu grupu spadaju dva istosmjerna parna generatora od 35 kW, 220 V i jedan rezervni dizel-generator od 31 kW i sve pumpe koje odgovaraju za ovakav tip broda.

U grupu 5 uzeti su troškovi osiguranja za vrijeme gradnje, troškovi klasifikacije, opći troškovi uključivši i plaćene praznike, doprinose, troškove uprave, troškove za energiju, svjetlo i loženje, dobit.

S. Ercegović

BRODOVI, SPECIJALNI, brodovi koji ne služe ni za trgovački transport ni za ratne svrhe, nego su određeni za obavljanje nekih posebnih poslova na moru i rijekama.

Prema karakteru djelatnosti specijalni brodovi se mogu podijeliti u tri glavne grupe. U prvu grupu pripadaju brodovi koji na moru ili rijekama obavljaju specifičnu privrednu ili naučno-istraživačku djelatnost, kao što su: ribarski brodovi, brodovi za polaganje kabela, istraživački i meteorološki brodovi, ronilački brodovi, brodovi-radionice itd. U drugoj grupi su brodovi koji omogućavaju i olakšavaju plovidbu ostalih brodova, bilo održavanjem i označavanjem plovni putova (ledolomci, bageri, brodovi-svjetionici, brodovi za polaganje plutača i opskrbu svjetionika), bilo direktno pomažući navigaciju i manevriranje drugih brodova (teglači, peljarski brodovi). U trećoj grupi su ostali tipovi specijalnih brodova, kao: jahte, brodovi za stanovanje, školski brodovi itd. U specijalne brodove mogu se ubrojiti i trajekti ako se smatraju sastavnim dijelom željezničke ili cestovne mreže, tj. nekom vrstom specijalnih pokretnih mostova.

Specijalni brodovi su prilagođeni određenim specifičnim namjenama, pa se konstrukcijom trupa, rasporedom prostorija i opremom često znatno razlikuju od normalnih trgovačkih brodova. Različite međunarodne konvencije i propisi o gradnji brodova, nadvođu i sigurnosti života na moru ne odnose se na većinu tipova specijalnih brodova.

RIBARSKI BROD

Ribarski brod je određen i specijalno opremljen za lov ribe, preradu ribe na moru i prijevoz ribe.

U tehničkom pogledu ribarski brod je s izvjesnim zaostatkom slijedio opći razvoj ostalih tipova brodova. Sve do pred konac XIX st. za ribolov služili drveni čamci na vesla i drveni jedrenjaci. Iako je prvi brod na parni pogon izgrađen još 1807, prvi ribarski parobrod je sagrađen tek 1883 u Njemačkoj (*Sagitta*), dok se parni pogon ribarskih brodova po prvi put javlja u Engleskoj oko 1886, a u USA 1904 (*Spray*). Oko 1900 pojavljuju se prvi ribarski brodovi s motornim pogonom, i to u skandinavskim zemljama. Ti su brodovi bili opremljeni jedno-cilindarskim semi-dizel-motorima. Prvi motorni ribarski čamac na Britanskim otocima izgrađen je 1907 (*Ovoca*), u USA prvi kočar s pogonom na dizel-motor pojavio se 1918 (*Pioneer*).

Nakon Prvog svjetskog rata počinje brži tehnički razvoj ribarskih brodova. U svim tehničkim razvijanjima zemljama pristupa se mehanizaciji pogona ribarskih brodova, ribolovna oprema i brodski uređaji se usavršavaju, dimenzije brodova se povećavaju, pa se prelazi od drvene na čeličnu konstrukciju brodske trupa. Nakon Drugoga svjetskog rata tehnički razvoj ribarskih brodova postaje naročito brz i svestran. Grade se veliki čelični brodovi opremljeni elektronskim uređajima za navigaciju i za otkrivanje ribe, uređajima za duboko smrzavanje i preradu ribe; za pogon brodova uvode se novi moderni sistemi kao što su: brzoohodni dizel-motor sa višestepenim reduktorom (1953), pogon sa dva dizel-