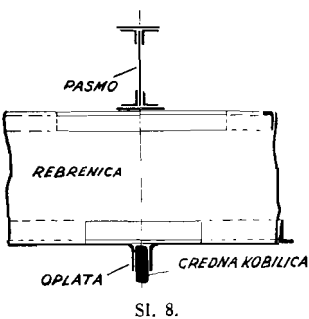
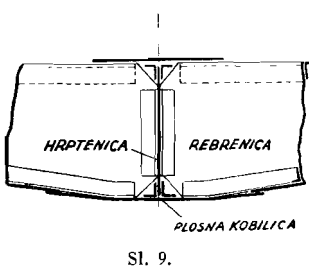


Kako između kobilice i pasma nije postojala nikakva veza, povećala se uzdužna čvrstoća tako, da su među rebrenice umetnuli vertikalne ploče — interkostalna hrptenica — koje su s pomoću kutnog željeza (uglovnice) bile spojene s rebrenicama. Čitav niz metamorfoza doživjela je ta konstrukcija, dok se nije gredna kobilica pretvorila u *plosnu kobilicu* (Flachkiel), koja nije drugo nego deblja središnja ploča oplata; ploča hrptenice postala je neprekidnom, a pasmo se pretvorilo u horizontalnu ploču. Ova tri elementa sa svojim spojnim uglovnicama tvore jedan jedinstveni nosač oblika slova I, a rebrenice (Bodenwrangen) sa svojim nastavcima — rebri — vezane su uglovnicama za taj nosač (sl. 9).

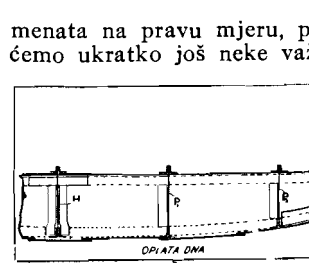
Kod brodova bez dvostrukoga dna sužuje se rebrenica prema bokovima, neprekidna rebrenica sastoji se iz vertikalne ploče te gornje i donje uglovnice, a seže od hrptenice H do uzvoja o boku, gdje prelazi u rebro. S obzirom na potrebu uzdužne čvrstoće grade se na svakoj strani broda, već prema širini, jedan ili više *bočnih pasama* (Seiten-Kiel-schweine), na sl. 10 P₁ i P₂.



Sl. 7.



Sl. 8.



Sl. 9.

menata na pravu mjeru, pa je b. postao lakši. Spomenut ćemo ukratko još neke važnije dijelove željeznoga broda.

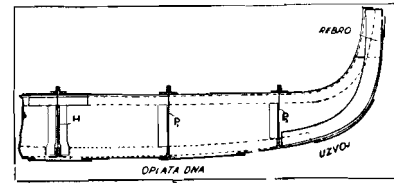
Dvostruko dno (Doppelboden). Veći brodovi imaju ga redovno ili duž cijelog broda ili samo djelomično. Ono povećava sigurnost b-a, a služi i za vodeni balast, kad b. plovi bez tereta, kao i za spremište ulja kod b-a s pogonom na ulje.

Izvedbe su raznolike, dajemo jedan primjer: Hrptenica je neprekidna, svaka četvrta rebrenica (sl. 11) sastoji se od ploče, koja seže od hrptenice do ruba dvostrukoga dna (radi olakšanja izrezane su u ploči 4 ovalne rupe) te obrubnih uglovnica.

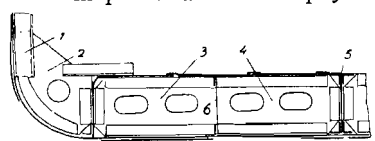
Medu ovakvim »jačim« rebrenicama nalaze se 3 slabije (sl. 12), koje sastoje iz gornjeg i donjeg profila 9, koji su kratkim pločama 12 i 13 spojeni s hrptenicom na jednom i s rubom dvostrukoga dna na drugom kraju. Interkostalna ploča seže od jedne do druge jače rebrenice, osim toga je na svakoj slabijoj poduprta vertikalnim komadima profila 11.

Prijelaz k rebro tvori t. zv. *uzvojno koljeno* (Kimmstützplatte) (2, sl. 11).

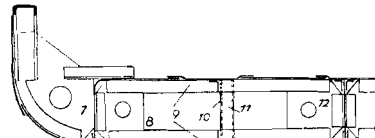
Rebra (Spanten), isprva u vrlo malim razma-



Sl. 10.



Sl. 11.



Sl. 12.

cima, kod najvećih b. 400 mm, stoje sada u razmacima od 535 mm kod malih pa do 915 kod velikih b., a kod ratnih još i više.

Kod manjih b. rebra su iz profila (sl. 4, br. 2), za veće se mnogo upotrebljavao profil složen iz dvije uglovnice spojene u oblik slova Z (kod ratnih iz Z-profila br. 6).

Danas za veće brodove služe profili br. 4 i 8.

Jedno vrijeme se mnogo upotrebljavao sistem *okvirnih rebara* (Rahmenspanten), t. j. svako 4., 5. ili 6. rebro

bilo je vrlo široko i složeno, dok su ostala rebra bila niska (sl. 13).

Taj je sistem uglavnom napušten radi nejednake podjele čvrstih elemenata, smetnja u tovarištu i nejednakosti u fabricaciji, makar se nešto uštedilo na težini.

Okvirna rebra prave se i danas, gdje je potrebno osobito mjestimično pojačanje.

U vezi s rebri, a za njihovu potkrepu služile su *bočne proveze* (Stringer). Sl. 14 pokazuje tri različite vrste konstrukcije tih proveza: a, b, c, a bilo je još složenijih i jačih. Prema dubini prostora ispod donjega krova bilo je tih proveza o boku po jedna ili više njih. I te proveze postepeno nestaju, a za kompenzaciju uzimaju se razmjerno deblji limovi bočne oplata.

Krov (Deck) samo je kod manjih b. od drveta. Drvene *trenice* (Planken) pričvršćuju se vijcima o grede — *sponje* (Deckbalken).

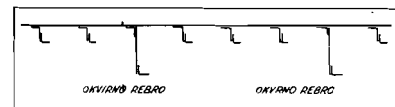
Kod većih b-ova krovovi su od željeza; oni mogu biti još pokriveni drvenim trenicama, naročito gornji krov radi toplinske izolacije. Kod putničkih b-ova željezni su limovi donjih krovova često prevučeni linoleumom, gumom ili drugim materijalom.

Za sponje se najviše upotrebljavaju profili 4 i 8, a kod malih brodova 2 i 3 na sl. 4. Spoj s rebrom pravi se pomoću trokutaste ploče — *koljena sponje* (Balkenkie), na pr.: sl. 15. I ta konstrukcija prošla je različite stupnjeve u razvitku. Koljena sponja daju ujedno i ukočenost okviru sponja-rebrenica, jer tvore kruti čvor kod spoja rebro-sponja. Sponje se obično smještavaju na svakom drugom rebro.

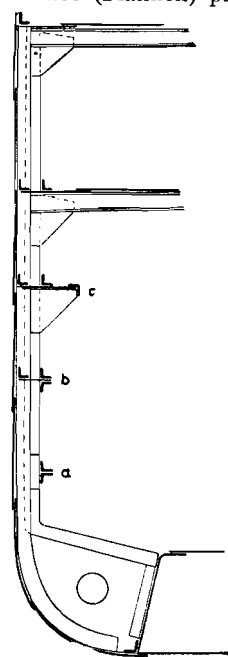
Sistem sponja u prostoru (Raumbalkensystem). Osim svoje uloge kao grede krova sponje podupiru i bokove broda proti bočnomu tlaku vode. Za dimenzije sponja je dakle mjerdavno i to, ima li brod samo jedan ili više krovova. Isto to vrijedi i za rebra s obzirom na broj krovova, jer su rebra poduprta kao nosači kod svakog krova.

Kod b. s dubokim prostorom nadomješten je razdjelni krov tako, da su u polovici visine prostora o bokovima ugrađene jake proveze (sve do 1,80 m širine), a ove su proveze spojene sponjama, često vrlo jake konstrukcije u razmacima sve do 7 m. I taj je sistem gotovo iščeznuo.

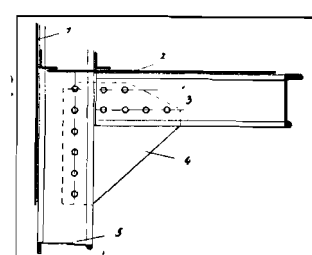
Kod širokih b. treba sponje poduprijeti *uporama* (Deckstützen). Upore su većinom od masivnog okruglog željeza ili od cijevi, a kod velikih b. prave se i složene iz raznih profila. Dispozicija upora je — prema širini broda — od 1 do 3 reda. Redovno ne dolaze na svaku sponju upore, one bi znatno smetale u prostorijama, pa se onda na svakom redu upora postavljaju uzdužne grede — *podvlake* (Deckunterzüge). Njihova je konstrukcija u bitnosti jednaka bočnim provezama.



Sl. 13.



Sl. 14.

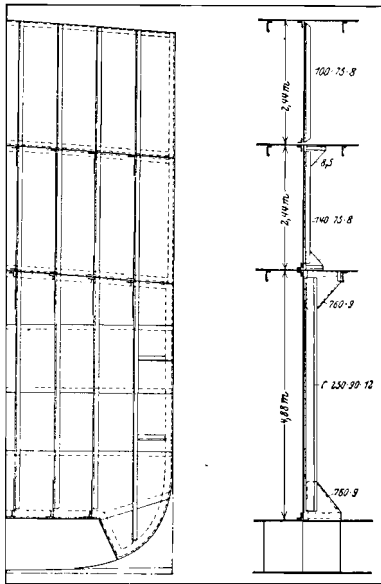


Sl. 15.

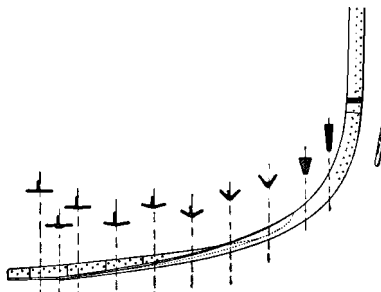
1. Vanjska oplata, 2. oplata krova, 3. sponja, 4. koljeno, 5. rebro

Nepropusne pregrade (Schotte).

Poprečne pregrade (Querschotte) glavni su elementi bočne čvrstoće uz svoju ulogu za sigurnost broda kod prodora vode ili kod požara.

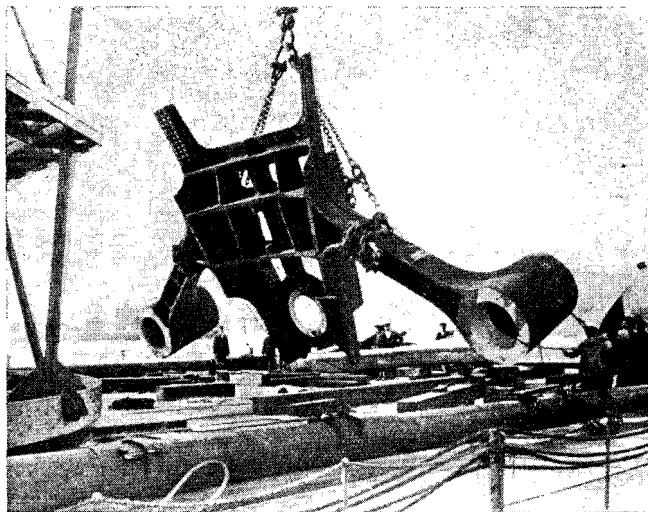


Sl. 16. NEPROPUSNA PREGRADA



Sl. 17.

Konstrukcija broskog trupa završava prednjom i stražnjom statvom (Vorsteven, Achtersteven). Statve su nastavak kobilice; razlikuju se prema obliku b-a i prema vrsti kobilice. Prednja statva ponajviše je masivni komad kovanog plosnog željeza. Gredna kobilica izravno prelazi u statvu, a plosna kobilica prelazi u statvu posredovanjem kovanog ili lijevanog komada, koji čini prijelaz iz horizontalne ploče u vertikalni profil statve. Veliki b. često imaju statve iz lijevanog čelika. Naročito stražnje statve često imaju komplicirane oblike radi veze s kormilom i



Sl. 18. STRAŽNJA STATVA I SKROKOVI BRODA »OLYMPIC«

Uzdužne pregrade povećavaju također sigurnost b-a proti potapljanju. Neophodno su pak potrebne kod brodova, koji nose tekući ili drugi lako gibljivi teret (na pr. žito), radi stabiliziranja, jer se takav teret kod nagiba broda pomakne na istu stranu pa može toliko umanjiti stabilnost, da se brod i prevrne.

Pregrade se redovno prave od horizontalno položenih limova s vertikalnim pojačalima. Dimenzije limova i pojačala kod običnih pregrada računaju se tako, da pregrada može izdržati puni tlak vode s jedne ili s druge strane. No kako je takvo opterećenje fakultativno, dopušta se napon materijala do najviših granica (2500 kg/cm²). Za pregrade prostorija, koje se faktično pune vodom ili uljem, dakle su redovno opterećene, mora se uzeti normalno dopušteni napon materijala, dimenzije moraju biti jače.

Vertikalne ukrepe prave se iz istih profila kao i rebra, a radi veće čvrstoće obično gore i dolje dobivaju trokutasta koljena (sl. 16).

propelerom, a kod brodova s više propelera pridolaze još i skrokovi osovine (Wellenböcke) u različitim kombinacijama. Slike 17 i 18 pokazuju dva primjerka takvih komada iz lijevanog čelika.

Sl. 17 prikazuje prednju statvu obične konstrukcije iz lijevanog čelika. Prikazan je donji dio, koji vodoravno prelazi u plosnu kobilicu, a okomiti dio seže do gornjega krova. Te su statve redovno dugačke (na pr. kod *Bremena* 23,5 m) i sastavljene od 2—3 komada.

Skrokovi *Olympica* (sl. 18) važu preko 50 tona.

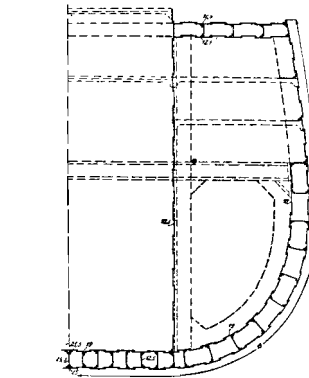
Sistem uzdužnih rebara. Kako je već spomenuto, pojavljuje se gradnja b-a s uzdužnim rebrima već g. 1852 kod prvog orijaša *Great Eastern*.

Kako se iz presjeka sl. 19 vidi, imao je b. u dvostrukoj oplati čitav niz uzdužnih nosača, koji su osobito na dnu vrlo gusto smješteni, a i gornji krov bio je dvostruk, s umetnutim uzdužnim nosačima. Genijalni I. Brunel uvidio je, da brod tolike duljine (207 m) treba osobito veliku uzdužnu čvrstoću. Poprečna rebra smještena su u većim razmacima u nutarnjoj oplati. Taj je prvi pokušaj ostao osamljen, jer se opet prešlo tradicionalnom sistemu poprečnih rebara. Jedino su se pred 60 godina kod nekih tipova u dvostrukom dnu ugrađivali uzdužni nosači, slično kao kod b-a *Great Eastern*.

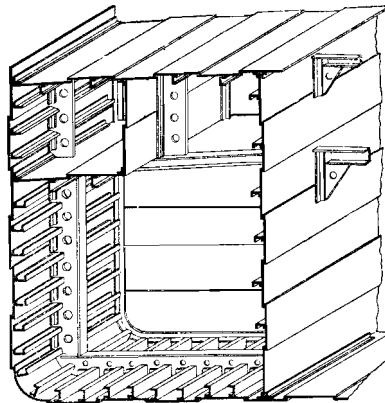
G. 1907 izlazi Englez Isherwood sa svojim sistemom uzdužnih rebara i uzdužnih sponja.

Kako iz perspektivne slike 20 razabiremo, dno, bokovi i krovovi imaju uzduž položene profile. Isto tako ima i središnja pregrada takve uzdužne ukrepe. Svi ovi profili idu neprekidno od pregrade do pregrade, a vezani su s profilom susjednog prostora pomoću lamela, koje prolaze ispod rubova pregrada (isprva su te veze tvorele trokutasta koljena, prikovana s obje strane pregrada).

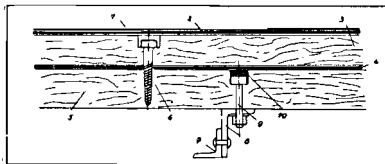
Poprečnu čvrstoću daju poprečne pregrade i jaka okvirna rebra — s rebrenicama i sponjama — u razmacima do 5 m.



Sl. 19. PRESJEK BRODA »GREAT EASTERN«



Sl. 20.



Sl. 21.

1. Bakreni oblog; 2. pust; 3. vanjske trenice; 4. pust; 5. nutarnje trenice; 6. vijak iz mjeđi; 7. proturebro; 8. rebro; 9. vijak iz pocinčanoga željeza; 10. drveni čep

Tom racionalnijom podjelom nosivih elemenata znatno se uštedilo na težini broda u korist tereta. Takvi su b-i poddesni za sitni, a osobito za tekući teret.

Miješana (kompozitna) gradnja. Sredinom prošlog stoljeća mnogo se gradilo takvih brodova, a i klasifikaciona društva dopuštala su taj način, te su bili izrađeni posebni propisi za dimenzije pojedinih elemenata.

Sav kostur, dakle rebra, pasma, hrptenica, kobilica, sponje i t. d. bile su od željeza, a vanjska oplata od drveta. Dio pod vodom sastojao se često od dva sloja drvenih trenica, osim toga je sav bio obložen limom od bakra ili od žute mjedi. Radi uzdužne čvrstoće bili su u stanovitim razmacima ispod drvene oplata prikovani pojedini vjevi oplata od lima, isto tako povrh sponja na rubu krovova i na rubu lukanja (vratla) u krovu.

Da se spriječi galvanjska reakcija i uništavanje željeza, morao se željezni dio pomno izolirati od bakrenog obloga (sl. 21).

Taj miješani sistem upotrebljavao se osobito tamo, gdje je b. imao rijetko priliku, da dođe u dok radi čišćenja podvodnog dijela. D. S.

3. **Betonski brod.** Oko g. 1910 pokušali su graditi neke plovne objekte od armiranog betona, no tek za vrijeme rata 1914—18 počeo je u nešto većoj mjeri ovaj način gradnje, jer je nestalo željeza.

Principi gradnje i armiranja željeznim šipkama isti su kao kod drugih betonskih konstrukcija. To se radilo na više načina. Neki su lijevali beton između dvije daščane oplata. Tu je teža kontrola, i beton nije tako gust kao kod nabijanja. Drugi je način bio, da se izradila samo unutarnja oplata, i to u prevrnutom položaju s kobilicom prema gore, a beton se nabijao rukom ili stisnutim zrakom. Brod se u tom prevrnutom stanju spuštao u vodu i tek u vodi s pomoću balasta i slično preokrenuo u uspravni položaj. Za gradnju u serijama služio je posebni plovni dok, koji je ujedno predstavljao vanjski kalup broda. Taj se dok mogao nagibati do 40° na svaku stranu, te se tako mogao beton nabijati s unutarnje strane ne samo na dnu nego i na stranama b.

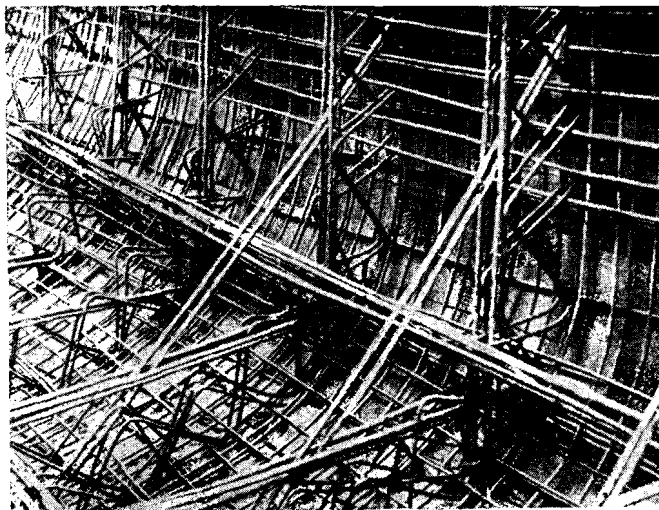
Karakteristika betonskog b-a prema željeznom u ovom je: Težina betonskog broda znatno je veća, osobito kod manjih brodova. Tako je kod nosivosti od 300 tona betonski b. upravo dvostruko teži. Kod većih jedinica omjer je nešto povoljniji, na pr. kod 5000 tona betonski je b. za 50% teži. B. od betona bit će dakle kod iste nosivosti veći, prostorije za teret također veće i povoljnije za terete, koji zauzimaju veći obujam. Ako pretpostavimo strojeve jednake jakosti, bit će betonski b. sporiji, inače ako bi se željela ista brzina, treba veći stroj, veći potrošak i veća zalih goriva, što je na štetu ekonomičnosti. Ušteda na željezu prema b., koji je sav od željeza, s porastom veličine postaje sve manja. Tako ona iznosi kod 300 tona nosivosti oko 70%, kod 5000 tona već samo 47% te se približava granici racionalnosti.

Velika je prednost betona u znatno većoj otpornosti proti utjecaju morske vode, no stanoviti utjecaj se ipak opaža, te ni betonska konstrukcija nije apsolutno trajna.

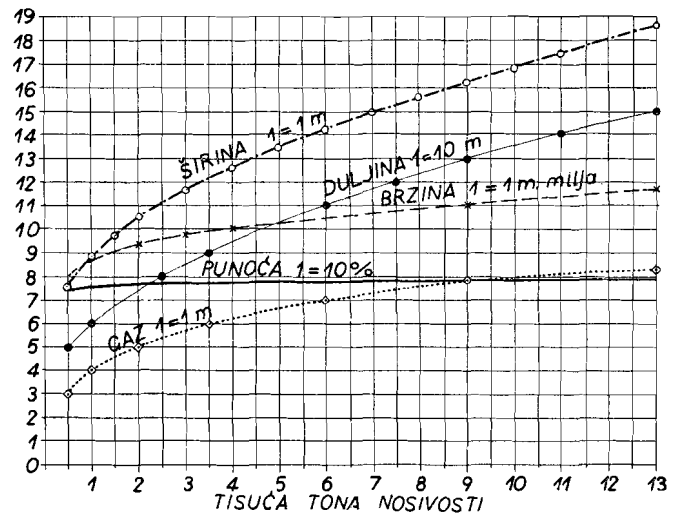
Prestankom prvoga svjetskog rata prestala je gotovo sasvim betonska gradnja brodova za plovidbu — bio je to jedan od surugata, koje je rat iznio.

Betonska gradnja može se vrlo dobro upotrijebiti za raznovrsne plovne objekte, koji *ne navigiraju*, gdje dakle težina broda, kao jedan od glavnih faktora otpora u vožnji, ne vrši važnu ulogu. Na pr.: različne splate, pontoni za pristajanje, gliboderi, dokovi i t. d. mogu se vrlo dobro graditi od betona. Svakako je velika prednost u tom, da su troškovi za održavanje vrlo maleni, a popravci razmjerno laki.

Gradnji betonskih brodova otvaraju se sada nove perspektive. Uvođenjem armirano-betonskih konstrukcija s prednaponom betonskoga željeza, a pogotovu najnovijim metodama s prednapetim čeličnim žicama (Stahlsaitenbeton) postizava se golema ušteda na željezu, a kako i



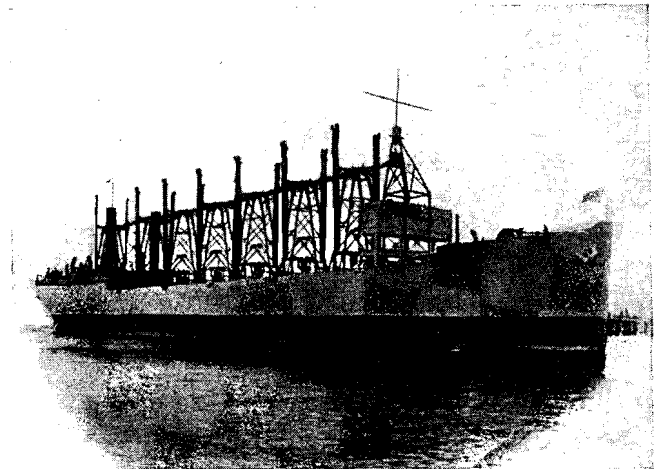
ZELJEZNA ARMATURA BRODA IZ BETONA



Sl. 1.

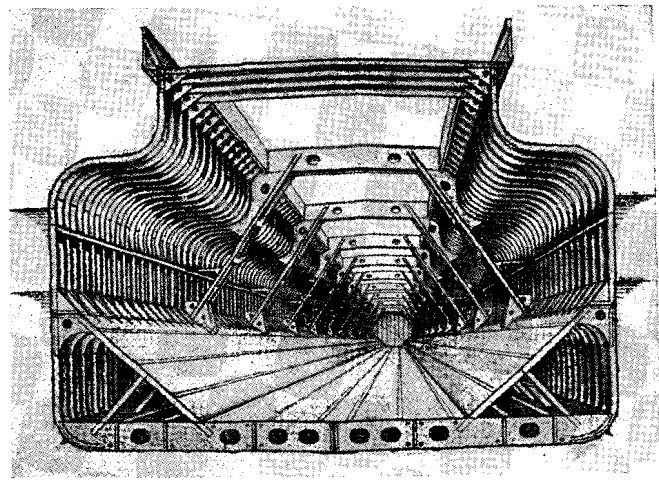
betonske stijene mogu biti tanje, šteti se i na težini betona. Vjerojatni su ponovni pokusi u većoj mjeri. D. S.

4. **Tipovi trgovačkih brodova** razlikuju se u novije doba nesamo po tipu, već se i kod različitih tipova provodi sve veća specijalizacija. Razumije se po sebi, da će konstruk-

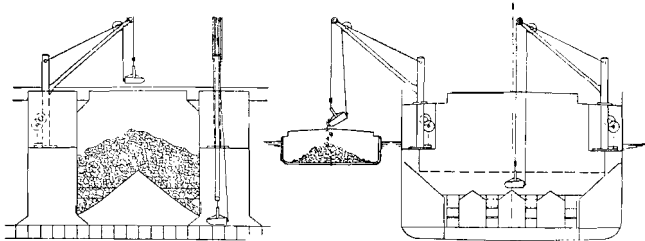


Sl. 2. BROD ZA PRIJEVOZ UGLJENA

cije broda za različne vrste tereta biti različne, no veliku ulogu igra i linija plovidbe. Svaka linija ima svoje osobine. Cjelokupna udaljenost, prilike dobave goriva u polaznoj, povratnoj luci ili uz put, podneblje, dubina pristaništa, lučki uređaji za krcanje i t. d. sve su to čimbenici, koji su od izravnog utjecaja na konstrukciju i detalje broda. B.,



Sl. 3. PRESJEK TORNJASTOG BRODA



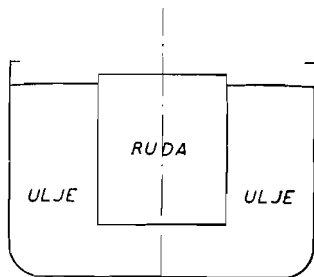
Sl. 4.

koji je sagrađen s točno odmjernim osebinaama za određenu liniju, svakako će za ovu, i samo za ovu liniju, najbolje odgovarati.

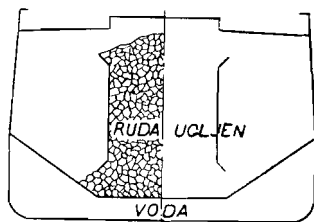
Najvažniji tipovi trgovačkih brodova jesu:

1. *Teretni brod.* Približne glavne dimenzije u ovisnosti od nosivosti broda prikazane su u diagramu sl. 1. Podatci su, dakako, približni. Neopredijeljeni tip teretnjaka, koji služi za različiti teret i različite linije, predstavljaju većinom brodovi ne prevelikih izmjera, a među njima ima mnogo starijih brodova. Brzine su također umjerene, od prilike za 1 milju manje nego je naznačeno u dijagramu. Kod teretnog broda za stalnu liniju treba uglavnom uvažiti: velike udaljenosti i skupocjeni teret zahtijevaju veće

brzine, 13—15 milja. Brodovi, koji dotiču mnoge luke, trebaju također veće brzine. Za skraćivanje boravka u lukama treba obilnih naprava za krcanje, velike luknje na tovarištima. Sjevero-atlantska vožnja traži b-ove od najmanje 12.000 t nosivosti, za istočno-azijsku najpovoljniji su od 17.000 t i više. Naravno treba voditi računa o tom, treba li gorivo ponesti i za povratak. U sjevero-atlantskoj vožnji na pr. ekonomičnije je kod motornih brodova i onih, koji lože uljem, ukrcati ulje samo u Americi za oba putovanja. Kod loženja ugljenom određuje vrst raspoloživog ugljena veličinu spremišta za ugljen. Mnogi tereti zahtijevaju prostrana, velika tovarišta uz što manje upora u tovarištima radi nesmetanog baratanja.



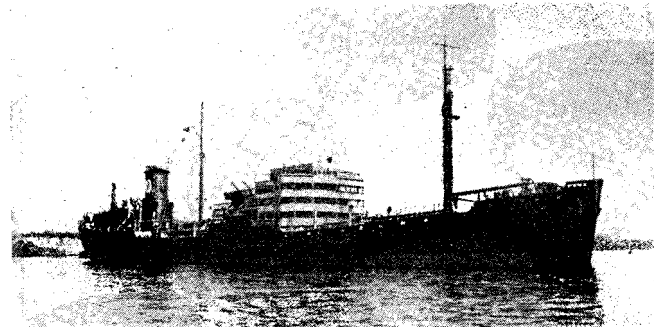
Sl. 5.



Sl. 6.

Brođovi za prijevoz *drva* moraju biti osobito stabilni s dobro uređenim dvodnom za balastnu vodu, jer obično krcaju drvo i na gornjem krovu, što umanjuje stabilitet broda.

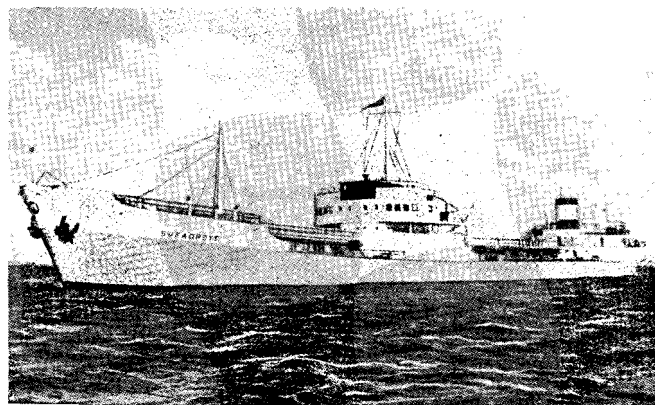
Brođovi, koji voze *ugljen* iz engleskih luka, ne smiju dublje gaziti od 5,70 m, prema tomu će i njihova veličina biti ograničena na koje 4.000 tona nosivosti. Brzine tih brodova redovno ne prelaze 10¹/₂ milja, jer ne bi bilo ekonomično. Naprotiv, traži se velika brzina krcanja, pa osim obilnih i prostranih lukanja moraju imati naprave za brzo krcanje: brojna dizala, mehaničke zahvatače i t. d. (sl. 2).



Sl. 7.

Sitan teret, koji je gibljiv, kao žito i slično, mogu ugroziti stabilitet broda. Ako tovarište nije do vrha puno ili ako je bilo napunjeno, pa se kasnije radi vibracija žito sleglo, može se ono, kad se b. nagne na stranu, pomaknuti na istu stranu te dovesti brod u opasan položaj, pače i prevrnuti ga. Oko g. 1890 nastali su tipovi *toranjastih brodova* (Turmdeck-Schiffe, sl. 3), kod kojih je gornji dio sužen, te je tako učinak eventualnog pomicanja tereta veoma smanjen. Moderniji brodovi imaju u tu svrhu u osi broda središnju uzdužnu pregradu (→ Teorija broda, stabilitet).

Posebnu konstrukciju traže brodovi za prijevoz *rudača*. Rudača ima znatnu specifičnu težinu, te bi tovarište bilo samo djelomično napunjeno, a težiste tereta ležalo bi razmjerno nisko. Radi toga bi brod imao prevelik stabilitet, a to se kod nemirnog mora očituje u vrlo neugodnom njihanju kratke periode. Tu se obično tovarišta ugrade uzdignuta, često s kosim dnom, koje je u sredini broda najniže, što olakšava iskrcavanje s pomoću zahvatača (Greifer). Vrlo zgodno rješenje pokazuje jedan švedski brod, gdje su tovarišta izvedena u obliku *silosa*. Tu kod iskrcavanja rudača sama pada u željezne kabliče, obješene o električna dizala (sl. 4).



Sl. 8.

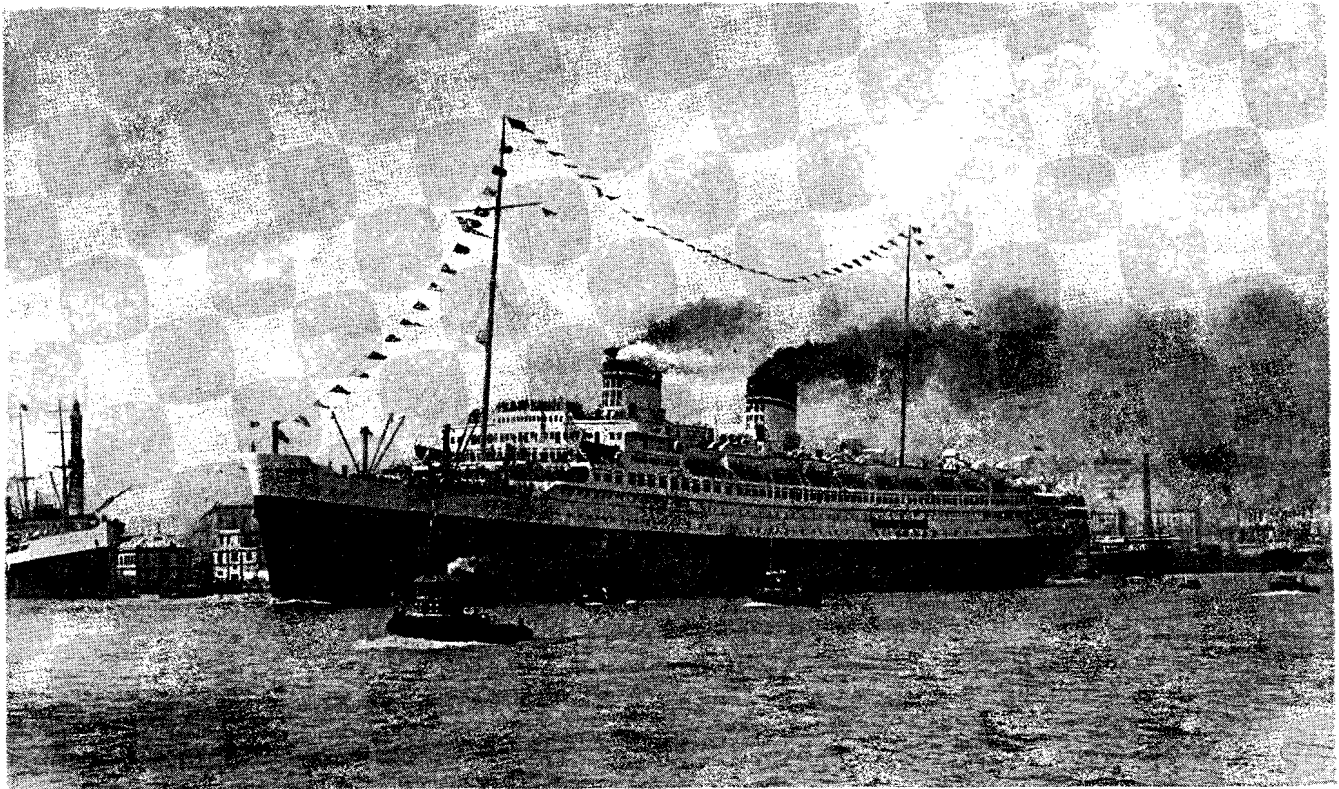
Zanimljivi su i kombinirani tipovi, koji u jednom smjeru puta prevoze jednu vrst tereta, a na povratku drugu.

Sl. 5 prikazuje presjek broda za prijevoz rudače ili ulja. Tovarište je u sredini uzdignuto, ono nema poprečnih pregrada, pa je tako olakšano iskrcavanje rude. Desni i lijevi vanjski prostor služi za prijevoz ulja. Ovi su prostori dolje odijeljeni uzdužnom pregradom, a moraju, dakako, i po duljini biti razdijeljeni poprečnim pregradama. U slučaju, da brod plovi bez tereta, služe ti vanjski prostori za balastnu vodu.

Sličan je tip prikazan u sl. 6. On ima uzdignuto dno tovarišta s kosim stranama. Kada vozi ugljen, napuni se čitavo tovarište, a iskrcava se hvatačima iz sredine. Ugljen, koji je na stranama tovarišta, sklizati će se pritom prema sredini. Kod prijevoza teže rudače natovari se samo srednji dio (između djelomičnih pregrada). Prostor ispod tovarišta — dvodno — služi za balastnu vodu.

Brođovi za prijevoz *smrznutog mesa, voća* i t. d. imaju tovarišta providena jakom toplinskom izolacijom te uređajem za hlađenje. Svaka vrst hrane zahtijeva drugu temperaturu, koja se mora stalno držati. Meso se prevozi obješeno; prema tome se moraju odrediti visine krovova. I kod drugih teretnjaka treba uzeti u obzir veličinu sanduka, bačava, baglje i t. d., koja je određena trgovačkim običajima za svaku vrst robe.

Brođovi za prijevoz *ulja* (tank-brodovi) iziskuju naročitu konstrukciju broda. Radi tekućeg tereta potrebna je u svim tovarištima nepropusna središnja pregrada. Sve pregrade moraju biti jače građene, jer nisu računane samo za slučajna opterećenja kod prodora vode, već su one doista često potpuno opterećene. Zakivanje i zaklepavanje (brtljenje) moraju biti vrlo pomno izvedeni, jer ulje vrlo lako prodire kroz šavove. Strojevi su ovih brodova redovno na krmu. Između strojeva i tankova ugrađuje se radi sigurnosti dvostruka pregrada (Kofferdamm). Jednako je i prednja granična pregrada dvostruka. Većina tank-brodova gradi se po sistemu uzdužnih rebara, a pretežan broj imade pogon Dieselovim motorima.



Sl. 9. »REX«

Od brodova, koji prevoze putnike, najčešći je tip teretno-putnički, koji prema pruži i trgovačkim potrebama i mogućnostima dolazi u najrazličitijim veličinama i oblicima. Čisti su putnički brodovi u obalnoj plovidbi većinom kupališni ili izletnički.

Najzanimljiviji je svakako *veliki oceanski brod*, jer njegova gradnja sadržava najveće tehničke probleme. Iza nesretnog pokušaja s brodom *Great Eastern* (→ gradnja željeznog broda) slijedila je dulja stanka; tek oprezno i postepeno približavalo se veličini tog prvog orijaša, dok se nije dostigao g. 1902. U daljem natjecanju i u borbi za simbolički znak »modre vrpce« za najbrži brod između Evrope i Amerike izgrađeno je više tih velikih brodova. Glavni podatci o najznačajnijima sadržani su u tabeli:

Brod:	Mauretania	Vaterland (Leviathan) Sl. 10	Bremen Sl. 11	Rex Sl. 9	Normandie Sl. 12	Queen Mary
Duljina m	231,6	276,1	277	254,2	313,7	306,2
Širina m	26,8	30,5	31	31	35,9	36
Gaz m	10,2	11,7	9,8	10	11,2	11,8
Istisnina (deplacement) t	38.000	59.900	51.860	46.000	68.600	75.000
Bruto reg. t	31.940	54.280	51.730	51.000	83.400	88.700
Jakost stroja KS	68.000	61.000	100.000	120.000	160.000	200.000
Brzina milja	26	22 1/2	27	29	30	29
Brzina km	48	41 1/2	50	53 3/4	55 1/2	53 3/4
Graden god.	1907	1914	1929	1932	1935	1936
Brodogradilište	New Castle	Hamburg	Bremen	Genova	St. Nazaire	Clydebank
Držao modru vrpce oceana	1908-1930	—	1930—1933	1933—1935	1935	—

Ako ostavimo po strani razloge međunarodnog natjecanja, vidimo razloge za gradnju tih velikih brodova u ovom:

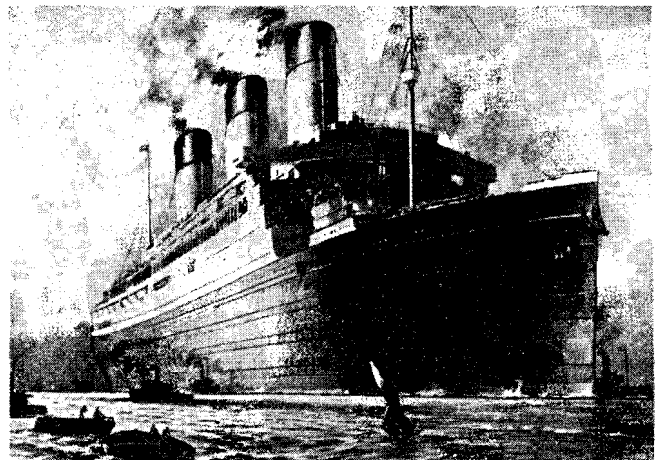
1. veća sigurnost uslijed same veličine;
2. veća mogućnost podjele u više nepropusnih odjeljaka, što dalje povećava sigurnost;
3. umanjen utjecaj morskih valova;
4. veća udobnost;
5. mogućnost većih brzina.

Od tih razloga treba samo posljednji pobliže obrazložiti. Kod geometrički sličnih brodova raste istisnina razmjerno s kubusom duljine, dok kod iste brzine raste otpor u vožnji približno samo s kvadratom duljine. Primjerice kod 27 milja brzine treba jakost stroja (KS):

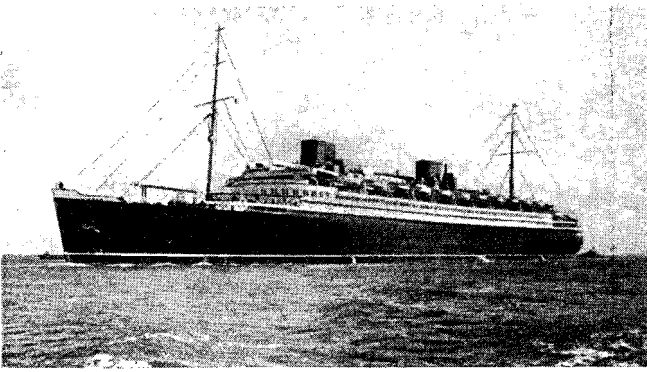
Torpiljer	od 350 t	6.000 KS	ili 18,2 KS po t
Krstaš	„ 3.500 „	25.000 „	„ 7,2 „ „ „
»Bremen«	„ 51.860 „	100.000 „	„ 1,9 „ „ „
»Normandie«	„ 68.600 „	80.000 „	„ 1,2 „ „ „

Iz ovoga jasno proizlazi prednost velikog broda s obzirom na ekonomičnost pogona. Osim toga treba spomenuti, da kod istog broda otpor u vožnji, dakle snaga stroja, raste približno s kubusom brzine (na pr. *Normandie* treba za 30 milja brzine od prilike dvostruku snagu nego kod 27), a to znači, da svaka veličina broda ima svoju tehničku granicu brzine, s obzirom na težinu stroja i goriva, uz to postoji i ekonomska granica.

Najveća je udobnost svakako skraćenje puta. *Vaterland* s 22 1/2 milje brzine trebao je do Sjeverne Amerike 6 dana, *Bremen* s 27 milja 5 dana, *Normandie* s 30 milja 4 1/2 dana. Dalje skraćivanje tražilo bi opet povećanje broda i stroja, tako da već dolazi u pitanje ekonomska granica.



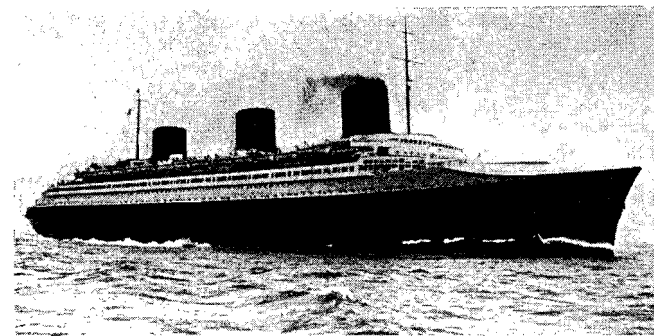
Sl. 10. »VATERLAND« (»LEVIATHAN«)



SI. 11. »BREMEN«

Projekt i gradnja takvih brodova predstavlja golem broj različnih pitanja. Već samo određivanje forme (linije) broda predstavlja vrlo osjetljivo pitanje. Kod broda *Normandie* ispitivano je u pokusnoj stanici kroz 3 godine oko 90 modela. No i detalji su važni.

Poboljšanjem oblika t. zv. privjesaka (kormila, skrokova propelera i t. d.) na temelju brojnih pokusa uštedilo se oko 8.000 KS stroja. Velika tehnička pitanja čvrstoće, vibracije, sigurnosti, grijanja i zračenja i t. d. dopunjuju se pitanjima unutarnjeg uređenja, udobnosti; naročito u po-

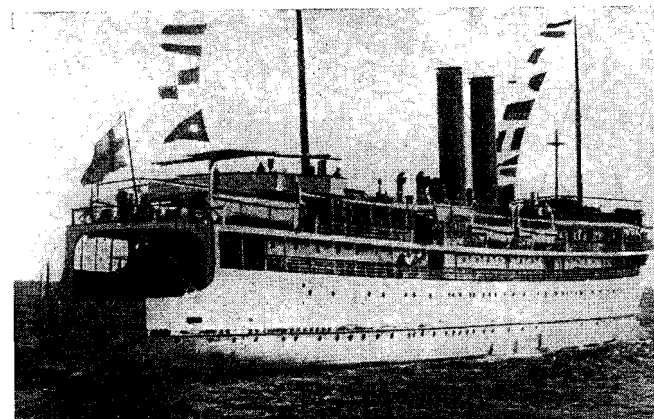


SI. 12. »NORMANDIE«

gledu udobnosti postavljaju se sve veći zahtjevi. Ako primjerice isporidimo tonažu s brojem putnika, vidimo, da kod broda *Great Eastern* na svakog putnika dolazi 8 tona broda, *Vaterland* treba već 15,3 t, *Bremen* 23,5 t, a *Normandie* 34,8 t.

Konačno, ne malu ulogu igra arhitektonska izgradnja i umjetnička oprema. Svi ovi kolosi posljednjeg desetljeća izgrađeni su golemim državnim potporama, dijelom iz socijalnih razloga radi nezaposlenosti, no uglavnom radi prestiža. Donosimo slike nekih važnijih oceanskih brodova.

Od posebnih tipova treba spomenuti t. zv. *trajekte*, koji prevoze željezničke vlakove. Vlakovi ulaze kroz krmu broda po tračnicama u nutrinu broda, ondje se posebnim sapinjačima pričvrste. Od obale do krme broda vode pomični mostovi, koji moraju biti tako udešeni, da odgovaraju stanju plime i oseke.



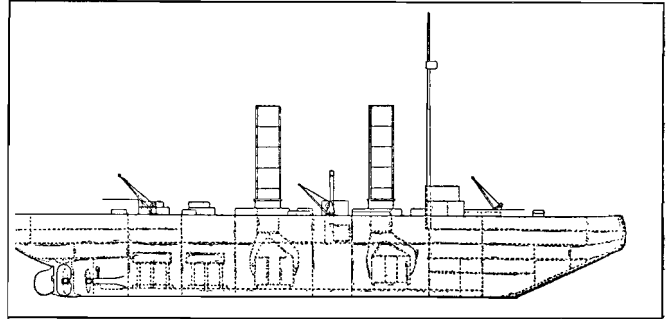
SI. 13. TRAJEKT

Ledolomci, s pojačanom konstrukcijom pramca, obično su tako izvedeni, da se b. svojim kosim prednjim dijelom dna popne na led, te ga svojom težinom lomi. Nekoji imaju i mehaničke naprave za razbijanje leda. Na sl. 14 vidi se u presjeku ruski ledolamac *Jermak*.

Pramac, a naročito kosi dio dna, iziskuju naročito pojačanu konstrukciju.

Riječni brodovi. Širina rijeke ograničuje duljinu broda, a dubina njegov gaz, dok je visina mostova nad rijekama mjerodavna za visinu čvrstih dijelova broda (nadgrađe i dr.). Nije čudo, da se na svakoj rijeci razvio poseban tip putničkog broda, tegla (remorkera) i teglenice (teretnog čuna).

Radi ograničene veličine brodova vrši se teretni promet redovno u obliku vlakova, t. j. jedno teglo vuče po više teglenica, jer se na taj način postizava racionalna upotreba pogonske snage.

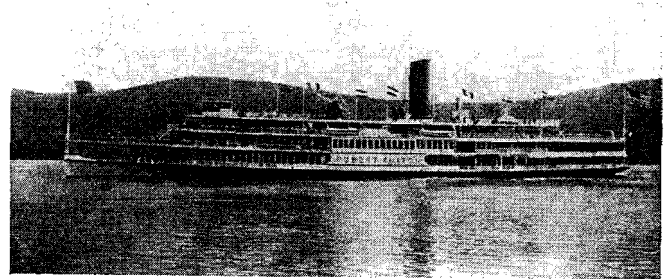


SI. 14. PRESJEK LEDOLOMCA »JERMAK«

Čisti teretnjaci vrlo su rijetki i mogu se uspješno upotrebljavati samo za teret veće vrijednosti i brzovozni promet. Naprotiv, dosta je čest slučaj, osobito u novije doba, da se služi kombinacijom, t. j. teretni brod sa strojem vuče ujedno i teglenice.

Konstruktivno su riječni brodovi mnogo lakši od morskih, omjer duljine prema bočnoj visini mnogo je veći (25—35 naprama 12—15 kod morskih brodova). Kod riječnog broda otpadaju velikim dijelom uzdužna naprezanja uslijed valova.

Slabljenje željezne konstrukcije radi rđanja također je mnogo manje nego kod morskih brodova, prema tomu i

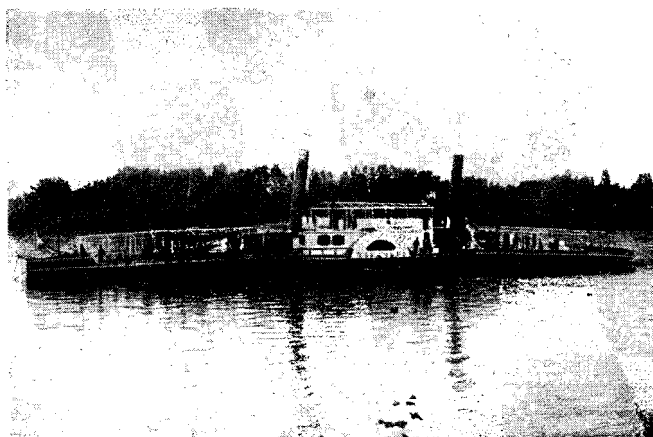


SI. 15. RIJEČNI PUTNIČKI BROD NA HUDSONU

život je riječnih brodova mnogo dulji. Brodovi su većinom plitki, zato široki. Nadgrađa imaju putnički brodovi — često po više katova.

Tegla su redovno niske konstrukcije s jakim strojevima. Prije kojih 70 godina, kad je na moru brodski vijak gotovo potpuno istisnuo kotače na brodovima, na rijekama se vijak počeo tek javljati, u prvom redu na manjim brodovima. Na temelju novijih znanstvenih istraživanja širi se postepeno upotreba vijaka i na rijekama, no i kotač je još zastupan u znatnoj mjeri (→ Teorija broda, propulzija). Đ. S.

5. Ratni brod. Iz ranijih doba staroga vijeka ima vrlo malo podataka o ratnim brodovima. Nema sumnje, da su se borbe na vodi vodile već odvajkada i s primitivnim plovnim sredstvima, ali o većim ratnim sukobima, prema tome i o upotrebi i gradnji ratnih brodova, može se govoriti tek s jačim razvitkom prvih brodova na vesla. Feničani, koji su u Sredozemnom moru dugo važili kao prvi pomorci, bavili su se poglavito trgovinom, pa su u početku njihovi brodovi bili slabo naoružani, a pratili su ih veliki čamci samo za obranu od gusara i pljačkaša. Kasnije su,



SI. 16. TEGLO NA DUNAVU

naročito za vrijeme ratova s pojedinim susjedima, bili i oni prinuđeni izgrađivati ratne lađe. Stari nam reljefi pokazuju ovakve ratne brodove Feničana, Egipćana, Asiraca i Babilonaca, koji se znatno razlikuju od trgovačkih. Veći broj veslača, oblici krme te pramca, koji ima oštar i jak kljun, vrlo su uočljivi vanjski znaci ratnoga broda.

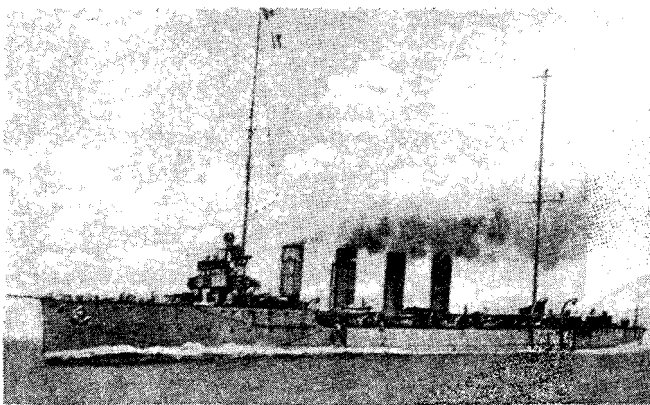
Kod starih Grka razvija se gradnja ratnih brodova još kasnije, ali zato znatno intenzivnije. Razvijenost njihovih obala, brojni otoci, jaka trgovačka, pomorska i politička ekspanzija, međusobno takmičenje pojedinih država tražili su što jaču naoružanu snagu na moru. Tukidid spominje ratne brodove i sukobe na moru već u 7. st. pr. Kr., a dobro je poznat i razvitak atenske mornarice i njezini uspjesi. Pogon na vesla glavno je i najpouzdanije sredstvo za kretanje ratnog broda onog doba, a još i kroz vjekove kasnije. Vesla omogućuju potrebne kretanje i provođenje naumljene taktike u borbi kao i najbrži dolazak na samo poprište. Jedrilje se upotrebljava samo na putu i pod iznimno povoljnim prilikama. Ono je zato na ratnim brodovima smatrano samo kao neka vrst drugotnog pogona, glavno su vesla i veslači. *Dijera* i *trijera* sa dva, odnosno tri reda veslača predstavljaju do 4. st. pr. Kr. stalne tipove ratnih brodova. Za vrijeme peloponeskog rata trijera je najbolje razvijena i usklađena u vojnom i pomorskom pogledu. Dužina joj je 26,8 m, a širina 5,6 do 5,8 m, zapremnina oko 90 do 130 t, posada 170 veslača, 3 do 4 kormilara i oko 30 ratnika. Pramca je nizak i završava u oštar kljun iz bronce. On je najjače oružje, kojim se para i potapa neprijateljski brod. Dakako da je za ovakvu borbu i taktiku najpodesniji jaki i dobro organizirani veslački pogon. Jedrilje, za koje je već rečeno, da je samo sporedno sredstvo, sastoji se obično iz jednog jarbola s križem, kasnije je uvedeno još jedno pramčano jedro kao i jedno trouglasto nad križnim.

Počevši od 4. st. prelazi se na veće i jače tipove ratnih brodova, na *tetrere* i *pentere* sa četiri i pet redova veslača, uvodi se i topništvo u obliku katapulte i bacala, koja pored kljuna predstavljaju glavno sredstvo za uništavanje protivnika. Zapremnina ovakvih bojnih brodova iznosi od 300 do 500 t, dužina 50 do 60 m, širina 6 m, posada broji 400 do 500 momaka, od kojih 300 veslača. Čini se, da Grci nisu prelazili na još veće tipove, ali su Egipćani imali čak *oktere* i *dekere*, sa 800 do 1000 t i preko 1000 ljudi i 800 veslača. I kod Kartažana se često upotrebljavaju ovakvi veliki ratni brodovi: bez sumnje, kartaške su pentere zadavale brige Rimljanima, koji su t. zv. letecim mostovima nastojali izjednačiti slabost svojih brodova. U to vrijeme nastaju mnoge promjene u brodskim konstrukcijama trijera i polijera: povišene su brodske stijene, ugrađeni prsobrani, pojačane palube i t. d., da bi se posade i brodovi što bolje obranili. Ali kad su Rimljani uspostavili svoju prevlast na cijelom Sredozemnom moru, vraćaju se opet k manjim brodovima. Dobro su im poslužile ilirske *liburne* s naših obala. Bili su to mali, okretni i brzi brodovi s jednim do najviše tri reda veslača, s ostrim kljunom, dužinom od 31 m, širinom 4,4 m i tonažom od oko 80 t. Liburna ostaje pored trijere glavni tip ratnog broda do kraja zapadnorimskog carstva. Poznato je, da su bitku kod Akcija odlučile liburne, i to je možda pridonijelo činjenici, da se je kod Rimljana prestalo s gradnjom većih ratnih brodova. Tako liburna ostaje još dugi niz godina najbolji ratni brod kod Ilira, Dalmata i kasnije kod Hrvata.

Koncem staroga i početkom srednjega vijeka ratno i trgovačko brodarstvo sve više opada u zapadnom dijelu rimskoga carstva. Ratni pohodi i najezde barbara išli su kopnenim putem, pa je i vještina brodogradnje bila gotovo zanemarena i zaboravljena. No na istoku je položaj drugi. Carigrad treba braniti poglavito s mora, zato je izgradnja flote iza nekog mirovanja opet vrlo živa. Bizantska mornarica ima kao svoj glavni tip *dromonu*, ratni brod, koji je nastao iz stare trijere i dobro prokušane liburne. Dromone su različite veličine: srednje imaju dva reda vesala i do 100 veslača, 100 do 150 tona, 50 metara dužine i 7 m širine. Gornji red veslača nalazi se na otvorenoj palubi. Tu su smješteni i strijelci i kopljanici kao i uređaji za sipanje grčke vatre. Dromone su se održale do 10. st. Pored njih su postojali na istoku i manji ratni brodovi, *pamfile* i *galeje*. Iz ovih posljednjih razvila se *galera* ili *galija*, i to na zapadu, naročito u Mlecima i Genovi. Posebno treba spomenuti *sagene* i *kondure*, koje car Konstantin Porfirogenet spominje kao ratne brodove hrvatske flote. *Sagene* su od prilike odgovarale dromonama srednje veličine sa 100 veslača, dok su *kondure* bile nešto manje. Nema sumnje, da su i ti brodovi imali kao uzor i prototip liburnu, koja je bila prikladna baš za naše obale i Jadransko more. Vojnička posada od 40 ratnika kod *sagene* i 20 ratnika kod *kondure*, kako navodi Porfirogenet, bila je razmjerno jaka. Iz ovoga se daje zaključiti, da su hrvatski brodovi bili jači od tadašnjih mletačkih galija. Najbolji su dokaz za to ratni uspjesi naše mornarice kao i vlast, koju smo na Jadranu održavali gotovo za cijelo vrijeme narodnih vladara.

Mletačka je galija dosegla zavidnu visinu tek u 13. i 14. st., dakle u doba cvata republike. Ona ima u to doba 180 do 200 tona zapremnine, trup je vrlo vitak, dužina mu je 40 m, a širina samo 5 m. Ima 24 veslačke klupe sa tri veslača na svakoj strani, svaki s jednim veslom. U svemu ima dakle 48 grupa po tri veslača (odnosno vesala), a posada broji oko 220 ljudi. Porast mletačke flote u slijedećim stoljećima ima za posljedicu veće promjene u pogonu na vesla: republika nema više dosta slobodnjaka i mora veslače nadomještati robovima, kažnjenicima i zarobljenicima, među kojima ima dosta naših uskoka. Vesla postaju znatno veća, s 3 do 5, pa i osam veslača, kojih sada ima na pretek. Na pramcu i na krmi galere nalazi se ravan prostor za katapulte i strijelce, a kasnije i za topove. Jedrilje je samo sporedni pogon, a sastoji se iz dva, kasnije iz tri jarbola, svaki s jednim latinskim jedrom. Jedri se samo s najpovoljnijim vjetrom, a inače je veslo glavni motor, kojim se postižu brzine od 4 do 5 čvorova. Bez izmjene veslača može se prevaliti najviše 30 morskih milja. Pod konac srednjega vijeka grade se sve veće galije, njihove posade iznose 500 do 600 vojnika i mornara, broj topova raste, na ravnom prostoru krme i pramca nema više dovoljno mjesta, te se topništvo premješta na brodske bokove između pojedinih veslačkih redova. U tom dotjeranom obliku održava se *velika galera* u Sredozemnom moru kao tip ratnoga broda dugi niz godina. Zanimljivo je, da je francuska flota galerâ sačinjavala sve do g. 1749 važan dio mornarice.

U Sredozemnom moru postojali su pored galije još manji brodski tipovi, od kojih se najčešće spominju *fuste*, *brigantine*, *fregate* i *korvete*. Fusta je bila manja polirema, koju su Mlečani kopirali od Barbareska. Ona je vrlo brza i okretna, malenog gaza i važi kao najbrža galija. Ima 18 do 22 veslačke klupe na svakoj strani, i to s po dva vesla (svega dakle 72 do 88 vesala), jedan jarbol s latinskim jedrom. Brigantina je manja; ona ima samo 14 do 24 vesla, ali mnogo veće jedrilje od fuste, a zapravo je prelazan tip k jedrenjači. Raširila se i u druga mora pa označuje i danas pojedine tipove jedrenjaka. Fregata je najmanji tip ratne plovne jedinice, niska, bez palube te ima 8 do 10 vesala. Pramca joj je nizak i nema uobičajenog ratnog kljuna, a i krma je niska te bez naročitih platformi. Fregata je u početku pomoćni brod admiralske galije. Korveta je slična fregati, ali je u ono vrijeme (za razliku od danas) bila nešto veća. Oba ova brodska tipa prelaze kasnije u jedrcnjake te počevši od 16. st. tvore zajedno s linijskim brodovima glavninu ratnih flota; kod toga dolazi fregata na drugo, a korveta na treće mjesto po veličini i jačini naoružanja. Fregata ima 50 do 60 topova poredanih u baterijama na oba boka, korveta je nešto slabija i ima topove često i na otvorenoj palubi. Njihovo se jedrilje sastoji iz



Sl. 1. RATNI BROD »SAIDA«
(Graden prema nacrtima ing. Gj. Stipetića)

tri puna jarbola s križevima. Obje su brzi i okretni jedrenjaci i služe za manje ratne zadatke: izvidanje, javljanje i t. d., slično današnjim krstaricama. Školski tipovi ovih jedinica građeni su još sve do početka ovog stoljeća.

Na sjeveru je tok razvitka ratnog broda bio nešto različiti. Dromonama i prvim najstarijim galijama odgovarali su snažni, ali primitivniji i manji brodovi Normana (Vikinga), zapravo veliki veslački čamci, koji su imali posadu od 50 do 60 mornara i vojnika; palube nema, samo su pramac i krma izgrađeni poput pojačanih platformi za strijelce i bacače kopalja. Imaju samo jedan jarbol. No vremenske prilike na sjeveru pogoduju ranijem napuštanju vesala i što većoj, kasnije isključivoj, upotrebi jedara. Tako nastaju sve veći jedrenjaci: *koge*, *karavele*, *karake*, *galijuni*, *galease* i t. d. Koga je koncem 14. st. (na sjeveru) čisti jedrenjak s tri jarbola, od kojih su dva s križevima, a krmeni s latinskim jedrom. Zapremnina je oko 250 tona, posada iznosi 150 mornara i vojnika; pramac i krma izgrađeni su poput kaštela; tu su smještena bacala, a kasnije i topovi. Kogama odgovaraju otprilike španjolske karavele i sredozemne karake, dok su galijun i galeasa kasniji tipovi. Prvi se je razvio u Španjolskoj i Portugalu u 15. st. Tu ima galijuna od 1000 tona s tri do četiri jarbola te vrlo visokim pramcem i krmom. Glavno su im naoružanje laki topovi, koji su smješteni djelomično na pramcu i na krmi kao i na bokovima poput baterija. Preteča je galijuna u Sredozemnom moru galeasa, kao neki srednji tip između jedrenjaka i broda na vesla. Oko g. 1500 imaju te galease 600 do 1000 tona, 30 do 50 vesala, na svakome veslu 5 do 8 ljudi, i tri jarbola s latinskim jedrima. Naoružanje im je mnogo jače od naoružanja galija; računa se da jedna galeasa vrijedi, koliko pet galija. Visoka razma omogućuje smještaj topova ne samo na pramcu i na krmi nego i na bokovima među veslačima. Jačini galeasa i pomenutom smještaju topništva pripisuje se i pobjeda nad Turcima kod Lepanta, koji su imali većim dijelom starije galije s topovima samo na pramcu i krmi. Kao najjača galeasa 16. st. spominje se španjolski brod *S. Lorenzo* sa 16 malih i 34 velika topa. Ukupna težina njegovog topničkog plotuna iznosila je 370 funti, dok je kod prosječnog galijuna iznosila tek 195 funti. *San Lorenzo* je imao 300 veslača, 124 mornara i 262 vojnika. Ali se i galijuni sve više povećavaju, naročito u engleskoj, francuskoj i španjolskoj mornarici. Postepeno se napuštaju zajednički trgovački i ratni galijuni. Oni se pretvaraju u isključivo ratne brodove, i to kao preteča velikog i moćnog linijskog broda, koji će predstavljati glavnu flotu u borbi za prevlast i gospodstvo na dalekoj pučini i u prekomorskim krajevima, kamo su sve više upravljene težnje i nastojanja velikih pomorskih naroda. Galijuni i slični prelazni brodski tipovi imaju koncem 16. st. i do 3000 tona, 700 vojnika i mornara i oko 110 topova i 30 petrijera. Razma, naročito krma, izdiže se visoko nad vodenom površinom, broj paluba je znatan. To su već početci linijskih brodova, koji su s potrebnim i velikim izmjenama prešli pod imenom »bojnog broda« u današnje flote.

Koncem 16. i početkom 17. st. fregate i korvete tvore pored linijskih brodova glavne sastavne dijelove ratnih flota. Njihova tonaža i naoružanje znatno su slabiji od tonaže linijskih brodova, ali su znatno brže i okretnije, prema

tome su im namijenjeni i zadatci: borbe sa slabijim i jednakinim jedinicama, izvidanje i javljanje te trgovački rat. Fregate i korvete održavaju se kao i linijski brodovi s razmjerno malim promjenama sve do sredine 19. st. (kao školski brodovi još mnogo duže). S prijelazom na parni pogon i željeznu brodsku konstrukciju one dobivaju strojeve i oklop, mijenjaju i naziv te postaju velike ili manje krstarice, avizi i t. d.

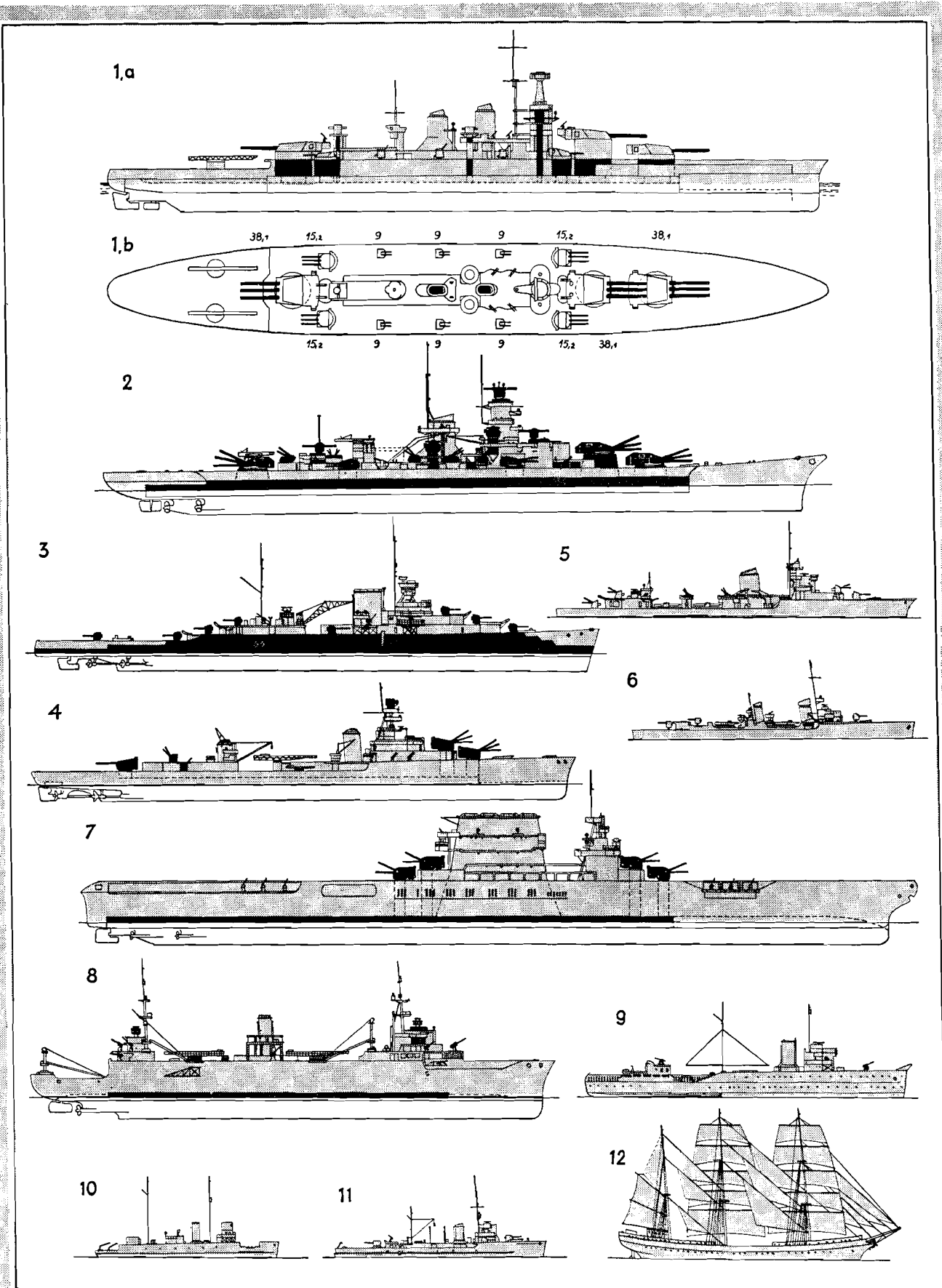
U sastav starih flota ulazili su počevši od 14. st. pa do konca 17. st. (ponegdje još i duže) i *požarni brodovi* (*brander*). Oni su manje jedinice, napunjene lako upaljivim materijalom, a puštale su se strujom, odnosno kretno veslima i jedrima, prema velikim brodovima, najčešće usidrenim. Tu su palile svoj teret (smolu, ulje i slično, kadikad i eksploziv), da bi prouzročile na napadnutim brodovima požare. Malobrojne bi se posade s brandera po završetku svoga zadatka ukrcavale u male čamce i udaljivale. U nekim se starim flotama spominju pored brandera i *bombaši* (*Mörserboote*), brodići od 80 do 200 tona, naoružani mužarima, koji su bacali zapaljive i eksplozivne bombe protiv utvrda i ciljeva na kopnu.

Napuštanjem jedrilja i prijelazom na parni i kasnije na motorni pogon kao i prijelazom na željezne brodske konstrukcije ratni brodovi mijenjaju svoj izgled, svoje borbene, a često i svoje pomorske sposobnosti. Usavršavanjem prijašnjih ubojnih oružja kao i pronalascima novih navalnih i obrambenih sredstava mijenja se i izgradnja pojedinih brodskih tipova. Stare linijske brodove fregate i korvete, kojima se glavna snaga temeljila na jakom topništvu, zamijenili su u modernim mornaricama moćni *bojni brodovi* s najjačim ubojnim i obrambenim potencijalom, zatim *veće i manje krstarice*, *avizi* i *topovnjače*. Na rijekama odgovaraju tim jedinicama *monitori*, *riječne topovnjače* i *patrolni čamci*. Pronalaskom t. zv. automobalnog torpeda (u sedamdesetim godinama prošloga stoljeća) dobivaju flote i nove tipove plovnih jedinica: *torpiljarke*, *razarače*, *podmornice* i *brze borbene čamce*. Polaganje i traženje modernih mina zahtijeva također naročite tipove brodova, *polagače mina* i *lovce mina*, a zrakoplovstvo, koje tvori važan sastavni dio flota, *nosače krilaša* (*avion*). Osim ovih jedinica ima svaka veća mornarica i mnoge druge posebne brodove za pomoćne službe, na pr. za polaganje zaštitnih mreža i barikada, traženje i gonjenje podmornica, školovanje i premjeravanje, za remorkažu i spasavanje, za bolničke svrhe i t. d. Svi su ti brodovi djelomično već u mirno doba u sastavu ratnih mornarica te imaju prema odredbama međunarodnog pomorskog prava značaj ratnih brodova ili se početkom rata unose u flotnu listu i postaju tek tada ratnim brodovima, kao na primjer pomoćne krstarice, koje su prije bile trgovački brodovi.

Bojni brod obrađen je zasebno pod odnosnom natuknicom (→ bojni brod).

Krstarice imaju manju zapremninu i slabije su naoružane i oklopljene od bojnih brodova, ali obično imaju veće brzine. Njihovi su poglaviti zadatci izvidanja, pratnja drugih brodova, služba u dalekim prekomorskim krajevima i trgovački rat, prema tome im je i akcioni radij vrlo znatan. Naročitu vrstu čine t. zv. *bojni krstaši*, jedinice vrlo velike ofenzivne i defenzivne ubojne moći i vrlo znatne brzine. Njihova je svrha i neposredno sudjelovanje u bitki, gdje im velika brzina omogućava mnoge taktičke prednosti u odnosu prema polaganijim bojnim brodovima. U svjetskom ratu dosta su stradale ovakve jedinice, te se prešlo na gradnju brzih bojnih brodova. Danas nema nijedna od zaraćenih strana novih bojnih krstaša. Inače se krstaši uglavnom dijele na *lake* i *teške*, odnosno *oklopljene krstaše*. Laki imaju zapremninu od 4000 do 8000 tona i kao glavne topove od 120 do 150 mm, a teški imaju tonažu od 10.000 tona i topove od kojih 200 mm. Lansirni aparati nalaze se obično samo na manjim krstašima. Vrlo male krstarice od 1000 do 2500 tona nazivaju se *avizobrodovima* ili *sloopovima* i služe poglavito za kolonijalne svrhe, nadziranje ribarstva i t. d. *Topovnjače* su vrlo slične avizima, ali su znatno jače naoružane i imaju baš zbog jačeg naoružanja razmjerno male brzine.

Na rijekama su najjače ratne jedinice *monitori*. Oni su snabdjeveni jakim topovima u pokretnim kulama i imaju vrlo dobru nadvodnu i podvodnu zaštitu i oklop. Veliki *riječni monitori* dostižu oko 700 do 800 tona i imaju kao najjači kalibar topove od 150 mm. Izviđačku službu vrše na rijekama *patrolni čamci* i manje topovnjače.



Sl. 2. RAZLICITI TIPOVI RATNIH BRODOVA

1a. Bojni brod (»Littorio«, 35.000 t). — 1b. Tlocrt palube istoga b. broda (brojevi sa strane označuju kalibar topova). — 2. Bojni brod (»Gneisenau«, 26.000 t). — 3. Krstarica (»Effingham«, 9.770 t). — 4. Minska krstarica (»Emile Bertin«, 5.886 t). — 5. Razarač (»Thunderbolt«, 1.975 t). — 6. Torpiljarka (»Jaguar«, 800 t). — 7. Nosać zrakoplova (»Lexington«, 33.000 t). — 8. Matični brod za hidroavione (»Commandant Teste«, 26 hidroaviona). — 9. Polagač mreže. — 10. Minopolagač. — 11. Minolovac. — 12. Školski brod

Torpile su brze jedinice od 200 do 1500 tona, koje nose kao glavno naoružanje torpede, a kao sporedno lako topništvo (do 120 mm). Prve torpile imale su sve vrlo malu zapreminu. Njihova su protuteža razarači ili kontra-torpile. Oni su nosili znatno jače topove i u početku samo vrlo mali broj lansirnih aparata. Neko vrijeme bili su nazivi jednih i drugih dosta izmiješani, te su postojale velike torpile i mali razarači, tako da su u nekim mornaricama torpile bile znatno veće i jače od razarača u drugim flotama. Danas se opet prešlo na torpile srednje tonaže od 500 do 1000 tona, a sve veće torpedne jedinice nazivaju se razaračima. Veliki razarači dosežu danas i do 3.000 tona, a naoružani su s najviše pet do šest topova od 120 do 150 mm kalibra i s više lansirnih cijevi; imaju do 40 čvorova brzine. Najmanji nosioci torpednog naoružanja su t. zv. *borbeni čamci* (v.).

Moderni *polagači mina* jedinice su srednje zapremine, uređene za primanje i polaganje što većeg broja mina. Njihova je krma naročito prostrana i snabdjevena s više redova tračnica, na kojima se nalaze spremne mine. Brzina njihova iznosi i preko 20 čvorova, a topništvo se sastoji iz većeg broja topova srednjeg i lakog kalibra. Naprotiv, lovci mina manje su jedinice, plitkog gaza i dobrih manevarskih svojstava, snabdjevene naročitim napravama za traženje i odstranjivanje morskih mina. Uz njih postoje kao zaseban tip *lovci podmornica*, jedinice od 50 do 100 tona, maloga gaza, brzine 20 do 25 čv., naoružane sa dva do tri automatska topa i podvodnim bombama. Danas se ovakvi veći brodovi opet nazivaju korvetama i zaštićuju brodogradnju pa i za vrijeme dužih putovanja.

Bolnički brodovi mogu pripadati državnim i posebničkim zaraćenim zastavama ili posebničkim neutralnim zastavama. Nalaze se pod nadzorom jedne od zaraćenih strana. Prema odredbama X. haaške konvencije svi ovakvi brodovi uživaju naročitu zaštitu, bojadisani su bijelo i imaju zelenu ili crvenu prugu duž cijeloga broda i uz narodnu zastavu viju i znak ženevske konvencije.

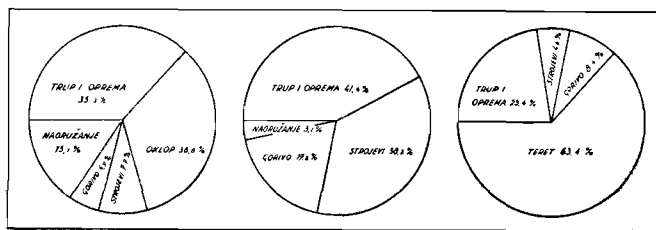
Nosači krilaša (aviona). Čim se je zrakoplovstvo počelo snažnije razvijati, bilo je ubrzo očividno, od kolike će koristi biti njegovo surađivanje s flotom. Dok su brodovi plovili u blizini obala, bilo je to surađivanje moguće bez poteškoća, pa i s krilašima s vrlo malim akcionim radijem. Na dalekoj pučini bila je takva suradnja nemoguća, a isto tako kod operacija na daljim neprijateljskim obalama. U takvim je prilikama bila dakle suradnja vrlo ograničena i vremenom i prostorom, te je svako lijetalo bilo prinuđeno vratiti se u svoju bazu poslije kratke suradnje s brodovima. Da bi se takva suradnja omogućila u što većoj mjeri, sagrađeni su brodovi poput plovećih aerodroma. Na njih se ukrcava što veći broj krilaša. Ti brodovi »nosači« mogu pojedine flotne sastave stalno pratiti. S njih odlijeću i na njih dolijeu krilaši nakon izvršenih zadataka, na njima se vrše i manji popravci i montaže, na njima se drže i potrebne zalihe pogonskog materijala. Prve ovakve brodove imali su Englezi i Amerikanci za vrijeme prošlog svjetskog i sadanjeg rata, i oni su se pokazali vrlo praktični i neophodno potrebni. To su plovne jedinice od 18—20.000 tona zapremine (pa i više) s vrlo prostranom i slobodnom palubom, koja omogućuje odlijetanje i dolijetanje. Za ovo posljednje predviđeni su naročiti amortiseri poput elastičnih spona, koje zaustavljaju preveliki zanos. Snažni brodski strojevi omogućuju razvijanje velikih brzina, pa je i na taj način olakšano uzlijetanje i slijetanje. Isto tako velika zapreminina omogućuje stabilnost platforme i kod većih valova.

Današnji najmoderniji nosači krilaša imaju razvodanji 22.000 do 23.000 tona, brzinu od 30 čvorova, dužinu oko 250 m i oklop srednje jačine. Naoružanje se je kod starijih tipova sastojalo iz srednjeg i lakog topništva, dok je na današnjim tipovima ugrađeno isključivo lako protukrilaško topništvo kao i ostalo samokretno oružje. Broj ukrcanih krilaša iznosi i preko 50.

Podmornice su obrađene zasebno pod odnosnom natuknicom (→ podmornica). Ar. P.

6. **Gradnja i oklop ratnoga broda.** Konstrukcija ratnoga b. razlikuje se u mnogom bitno od trgovačkoga, iako su sastavni elementi uglavnom isti.

Različiti je omjer glavnih dimenzija: duljina, širina, visina; oblik linija je vrlo raznolik. Problemi ekonomičnosti konstrukcije idu drugim smjerom nego kod trgovačkoga b., od najveće su važnosti ofenzivni i defenzivni uređaji.



Oklopnjača Razarač Teretni brod

Sl. 1. PODJELA TEŽINE KOD RAZNIH BRODOVA

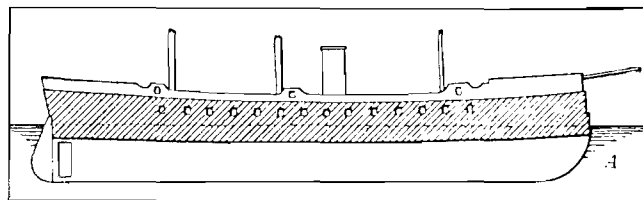
U prve spadaju: naoružanje topovima, torpednim uređajima i minama, brzina broda; u defenzivne: opet brzina, zaštita oklopa te uređaji za sigurnost proti potapljanju — dalekosežna razdioba u nepropusne odjelke.

Kako su zadatci različitih tipova ratnih b. vrlo različiti, tako je i razdioba različitih grupa težine različita, a sve se bitno razlikuju od trgovačkoga b.

Sl. 1 pokazuje, koliki dio od ukupne težine b. otpada na pojedine glavne grupe, kao: trup broda, strojevi, oklop, naoružanje i t. d. Prikazani su grafikoni za linijski ratni b., razarač i trgovački b., pa se tu najjasnije vidi, kolika je razlika u konstrukciji ovih tipova.

Stari drveni ratni b. nije se u svojoj strukturi razlikovao od trgovačkoga. Kod željeznih b. ta je razlika znatna.

Gradevni elementi kod ratnog i trgovačkoga b. u bitnosti su isti, no kako je ratni b. u akciji izvrnut daleko većim mogućnostima, da bude oštećen, to je i struktura b. mnogo više usmjerena na sigurnost proti potapljanju. U

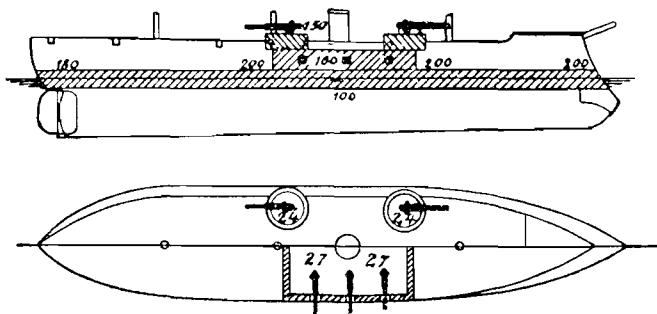


Sl. 2. OKLOPNJACA »LA GLOIRE« (1858)
(Enciclopedia Italiana)

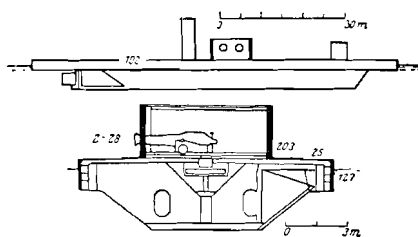
prvom redu b. je razdijeljen u mnogo nepropusnih odjela, i to toliko, koliko god dopuštaju obziri pogona i manipulacije. Osim malih b. nalazimo svugdje dvostruko, katkad i trostruko dno; ono prelazi često u dvostruku oplatu o bokovima broda. Naročita pažnja posvećuje se zaštiti bokova od učinka torpeda i mina. Treba spomenuti i to, da se upotrebom plemenitijega materijala i najpompnijom izvedbom nastoji postići što veća ušteda na građevnom materijalu u korist defenzivnih i ofenzivnih detalja.

Od bitnog je utjecaja na strukturu ratnoga b. oklop, jer je u najužoj vezi s različitim dijelovima željezne konstrukcije.

Oklop broda. Porastom veličine i probojne snage topova nastala je potreba, da se b. zaštiti u prvom redu u razini vode. Amerikanac Fulton sagradio je 1814 u ratu protiv



Sl. 3. PRESJEK I TLOCRT BRODA »OCEAN«



Sl. 4. PRESJEK MONITORA »ERICSON«
(H. Evers, Kriegsschiffbau)

u više slojeva s drvenim podlogama (engleski *Inflexible* 2 ploče od 305 mm, između njih drvo 152 mm). Željezni brod imao je već oklop od željeza dobivena valjanjem. Takvih je oklopa bilo s debljinom do 550 mm. Kako bi se tanjim pločama polučio isti učinak, konstruirao je g. 1876 Wilson t. zv. compoundploče, svarivši jednu ploču iz tvrdog čelika na jednu iz mekoga žilavog čelika. Kasnije se prešlo na upotrebu homogenog kaljenog čelika, a g. 1891 uvodi Harvey t. zv. cementirane ploče. Te su ploče iz nikalnog čelika: vanjska strana ploče obložila bi se ugljenim praškom, a ploča kroz nekoliko dana žarila u peći bez pristupa zraka. Kad ugljik prođe do od prilike 1/3 debljine u čelik, može se ploča kaliti, te površina postaje tvrda od stakla, dok stražnja strana ostaje žilava. Postupak cementiranja znatno je usavršio Fr. Krupp 1895 upotrebom plinskog plamena, koji se tako udesi, da razvija čađu. Čelik za te ploče sadržava 0,2 do 0,4% ugljika, 4 do 5% niklja, 0,3 do 0,5% mangana i 0,5 do 2% kroma. Kod cementiranja upije površina ploče do 1% ugljika. Proizvode se ploče do najviše 8x3,5 m veličine i 30 tona težine. Ploče tanje od 100 mm ne cementiraju se, jer bi se svinule. Za takve tanje oklope upotrebljava se homogeneri čelik uz dodatak niklja. Otpornost oklopa proti probijanju računa se po formuli (De Marre):

$$E^{0.7} = \frac{v \sqrt{p}}{C \sqrt{d^3}}$$

E = debljina ploče u dm, d = kalibar granate u cm, p = težina granate u kg, v = brzina granate u m/sek kod udarca, C = koeficijent za cementirane ploče = 2400, za obični čelik = 1900.

Na pr. granata iz pomorskog topa kalibra 40,6 cm, teška 920 kg kod početne brzine od 940 m/sek, probije čeličnu ploču debelu oko 140 cm. Prva oklopnjača *La Gloire* građena u Francuskoj g. 1858 (sl. 2) imala je o boku po cijeloj duljini broda oklop, koji je sezao od 2,2 m ispod vode do gornjeg krova. Oklop iz kovkog željeza bio je u pojasu debeo 120 mm, u baterijskoj palubi 110, prelazeći na pramcu i krmu na 78 mm, i to na drvenoj oplati debelejoj 660 mm. Od zrna iz tadanjih topova značio je on potpunu zaštitu.

Ovako smješten oklop predstavljao je golemu težinu, pa kako je postepenim povećavanjem kalibra topova bio potreban sve deblji oklop, reducirao se oklop samo na srednji dio broda.

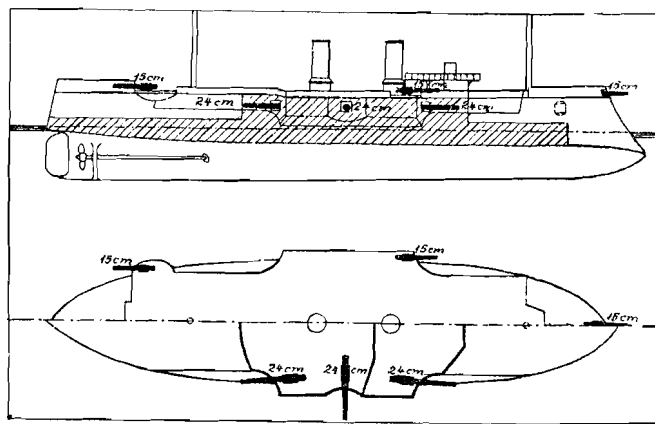
Budući da je dalje rasla veličina topova, umanjivao se njihov broj; mjesto dugih baterija dolaze oklopljene kazemate te otvoreni tornjevi (barbete) na gornjem krovu. Tako se oklop ograničio na pojas u vodenoj liniji i na topništvo. Takvu dispoziciju vidimo na francuskom b. *Océan*, građenom iz željeza g. 1866 (sl. 3).

Taktika admirala *Tegetthoffa* kod Visa dala je osobito značenje podvodnom kljunu bojnoga b. Kroz desetljeća gradili su se vrlo jaki izbočeni kljunovi, redovno pojačani okloпом pojasa.

Veliku novost u sistemu oklopa i naoružanja donosi američanski *Monitor* g. 1862 (sl. 4). Taj »nepobjedivi« b. bio je nizak — krov jedva 60 cm nad vodom, pojas u vodenoj crti debeo 120 mm. Čitava ploha krova oklopljena 25 mm debelim limom, na krovu okretljivi toranj od 203 mm debelog oklopa, u tornju dva topa od 28 cm. Oklopnii krov i okretljivi toranj za topove preuzele su uskoro sve mornarice, a spadaju i danas među najvažnije čimbenike oklopa.

Neko se vrijeme bilo opet odustalo od gradnje okretljivih tornjeva, jer su se neki brodovi bili prevrnuli (*Affondatore* 1866, *Captain* 1870). Krivnja nije bila na

nadmoćne Engleske drveni brod s parostrojem *Demologos*, koji je imao oko 2 m debelu oplatu. Inače se zaštićivao drveni b. na različne načine, na pr.: pribijanjem nekoliko nizova lanaca na oplatu. Kasnije su pribijali ploče iz kovanoga željeza, katkada i



Sl. 5. PRESJEK I TLOCRT BRODA »TEGETTHOFF«

tornjevima, već na nedostatnoj stabilnosti. Povremeno su onda opet došli u modu brodovi s kazematama, ali koje su bile u toliko poboljšane, da su za topovi mogli pucati i u smjeru pramca i kreme (sl. 5).

Kasnije se — a i danas — teški topovi smještaju u okretljive tornjeve, srednje topništvo u kazemate, a katkada također u okretljive tornjeve.

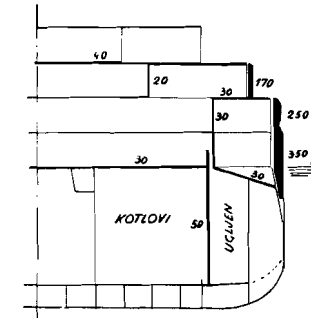
Kako je prije spomenuto, probojna snaga modernih topova zahtijevala bi oklope, koje brod praktički ne bi mogao nositi (kod oklopnjača iznosi oklop preko 1/3 čitave težine broda), no jer su topovi dalekometni, a gađanje vrlo precizno, te se borbe obično vode na velike udaljenosti, to se zadovoljava s mnogo tanjim okloпом. Obično je debljina oklopljenih pojasa i tornjeva približno jednaka kalibru velikih topova, a oklop kazemate kalibru srednjih topova dotičnoga b.

Zaštita modernih oklopnjača i teških krstaša. Načelno se zaštićuju u prvom redu svi vitalni dijelovi: strojevi, kotlovi, streljivo, topovi i zapovjedništvo. Pri zaštiti trupine b-a najjači je oklop pojasa u vodenoj crti. On seže bar 2 m ispod vode, a pričvršćen je jakim vijcima na pojačanu oplatu b-a. Između oplata i oklopa drvena je podloga 50 mm debela. Gornji i donji rub oklopnih ploča oslanja se na jače dijelove broda: na krov ili na visoke proveze.

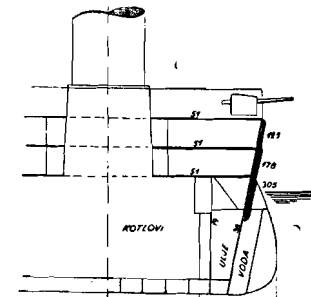
Gornji ovoj pojasa nešto je tanji od donjeg. Obuhvativši vitalne dijelove glavni pojas završava oklopnim poprečnim pregradama. Proti metcima, koji bi koso odozgo došli, služi horizontalni oklopnii krov. On je obično u visini gornjega ruba glavnog pojasa, a na bokovima katkada prelazi u kosinu.

Oklopnii krovovi imaju ujedno biti zaštita proti aeroplanskim bombama. Zato imaju mnogi brodovi po više oklopnih krovova, kojima se debljine ploča kreću od 30 do 160 mm. Proti današnjim teškim bombama ta je zaštita nedostatna.

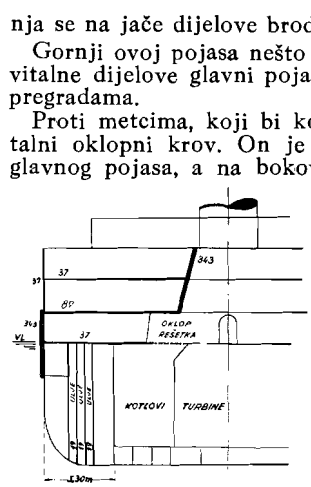
Od podvodnih eksplozija (mine, torpedi) zaštićuju se brodovi sistemom uzdužnih pregrada. Najobičnije je, da se iznutra oko 4 m od vanjske oplata ugradi uzduž neka veća masa, na pr. deblja pre-



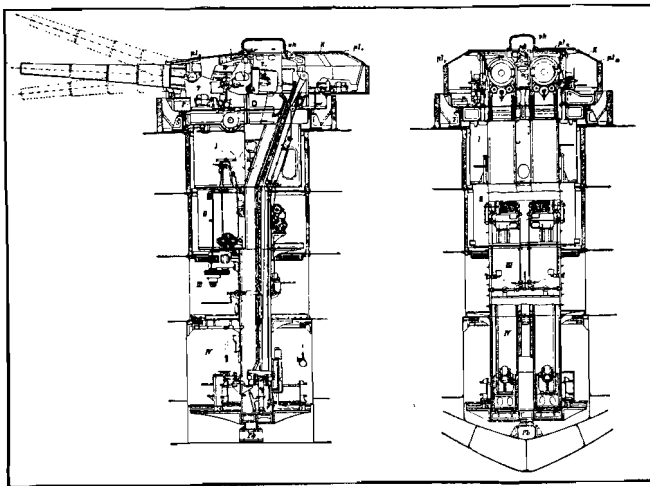
Sl. 6. OKLOPI BRODA »BAYERN«



Sl. 7. OKLOPI BRODA »HOOD«



Sl. 8. OKLOPI BRODA »TENNESEE«



Sl. 9. PRESJEK TORNJIA ZA TOPOVE

grada, skladište ugljena ili nafte. Ta masa ima zadaću da zadrži glavni udarac eksplozije, a iza te zaštitne stijene iznutra dolazi još jedna uzdužna pregrada, koja ima zadržati prodor vode, ako bi se i zaštitna pregrada oštetila.

Sl. 6, 7 i 8 pokazuju nam 3 tipa za smještanje vertikalnog i horizontalnog oklopa. Ima i drugih načina, kao na pr. sistem *Pugliese*, koji predviđa široki bočni prostor napunjen tekućinom, a u njemu prazno valjkasto tijelo vrlo lake konstrukcije, koje bi kod vanjske eksplozije imalo biti zgnječeno i tako bi zadržalo širenje udarca prema unutrašnjosti.

Oklop tornjeva za topništvo sastoji se od okretljivog dijela, koji je spojen s topom, platformama za podvorbu topa i dizalom za streljivo, te od nepomičnog dijela, koji seže dolje do prostorija, koje su zaštićene oklopom broda (sl. 9).

Teški krstaši oklopljeni su po istim načelima, samo s tom razlikom, da se pri gradnji b-a zbog težine štedi na oklopu u prilog strojevima. Kod lakih krstaša ima redovno samo laka zaštita vodene crte i oklopni krov.

Treba još spomenuti i zapovjednički toranj, koji je kod linijskih brodova osobito zaštićen i obično oklopljenim silazima spojen s donjim prostorijama. Često ima i posebnih oklopljenih tornjeva za zapovjedništvo topništva i dr.

D. S.

7. Brodsko topništvo. Upotreba topova na brodovima počima dva do tri decenija kasnije nego li na kopnu; najranije se spominju topovi na brodovlju tuniskog beja u borbama protiv Maura g. 1333, a Englezi ih imaju tek oko 1340, Holandci i drugi pomorski narodi još kasnije. Ti topovi su vrlo priproste konstrukcije i sastoje od većeg broja željeznih motka i prstena, koji su međusobno zavareni i spojeni. Tek u 15. st. prelazi se postepeno na lijevane cijevi, koje osim olovnih i željeznih zrna rabe još kamene kugle. Domet i sigurnost gađanja su vrlo slabi i sve do sredine 16. st. je top samo sporedno brodsko naoružanje. Stara, iskušana borbena sredstva kao bacala, katapult, ručna i bladna oružja i grčka vatra još se najviše cijene i rabe. To naročito vrijedi za manje flote i brodove. Tako su na pr. naši Uskoci kod svojih mnogobrojnih uspješnih podviga na moru isključivo upotrebljavali spomenuta oružja, i to u najbližoj borbi. No koncem 16. st. stanje je već dosta izmijenjeno hvaleći poglavito boljoj konstrukciji (lijevane cijevi) i lafetiranju. Na linijskim brodovima, koji se u to doba već pojavljuju, topovi su glavno naoružanje, njihov najveći kalibar je $8\frac{1}{2}$ palaca, dužina cijevi $8\frac{1}{2}$ stopa, težina cijelog topa iznosi oko 8000, a težina zrna 74 funta. Uz to su zastupani na brodovima i manji kalibri, koji nose nazive polutop (demi canon), culverin, falcon i t. d., a postoje još i stariji topovi, koji gađaju kamenim kuglama, canon pedro ili pietro, c. pierri. Dalji napredak je polagan, baš kao i cijeli tadašnji progres tehnike; postepeno se poboljšava kakvoća baruta, zrno se bolje prilagođuje cijevi, zračni prostor između njega i cijevi je sve manji, čime se bolje iskorišćuje moć baruta i zadobiva na dometu i preciziji hitca. Linijski brodovi dobivaju u glavnome najveće kalibre, koji se sada nazivaju i razlikuju prema težini zrna u funtima — funtaši. Sredinom 18. st. počima se i bušenjem cijevi iz silidnih blokova, čime su poboljšana balistička svojstva, počima se i uvadanjem novog oruđa, t. zv. karonade, čije zrno ima jaču razornu i rasprсну moć. Ali topovi su još uvijek predninci, to jest nemaju zatvarača, manipulacija punjenja je vrlo spora, oruđe treba poslije svakog metka ponovno izvlačiti i udešavati, gađanje je uslijed toga nesamo polagano, nego traži i dosta ljudstva i napora.

Brodsko topništvo učinilo je vrlo velik korak naprijed skoro uporedo s uvođenjem brodskog parnog stroja i nastupanjem jedara u četrdesetim i pedesetim godinama prošloga stoljeća. Tada se započelo i gradnjom željeznih brodova kao i zaštićivanjem brodskih stijena i vitalnih dijelova oklopom. Brodovi su postali nesamo mnogo jači i

otporniji, nego i mnogo pokretniji. Tu dakako nisu više nikako djelovali stari glatki topovi, njihova neprecizna, polagana vatra i kratki domet. Snažan napredak tehnike i nove metode u obradi i lijevanju kovina i željeza omogućili su borbu između oklopa i topa, koja se još i danas vodi, ali tako, da je top zadržao uvijek neku premoć. Uvedeno je ogivalno i raspršno zrno i izljebljene cijevi, novi zatvarači i lafetiranja, napušten je dosadani stogodišnji način postavljanja topova u baterijskim palubama i spratovima i započelo se smještanjem oruđa u kulama, reduitima i kazematama. Nove prilike i napredak tehnike nesamo da su omogućavali usavršenje brodske topništva, nego su ga bezuvjetno tražili. Razlika između prilika na kopnu i gađanja na moru postaje sve očividnija. Dok brod gađa, on manevrira i plovi (od dana u dan sve brže), on je nadalje izvrnut uplivu vjetrova i talasanja, a slično je i s metom, koju treba pogoditi; i ona plovi, mijenja smjer vožnje i udaljenost. Meta je oklopljena, ograničenih dimenzija i treba je izravno pogoditi; metci, koji padaju neposredno kraj same brodske oplate, ne prave nikakav kvar, takva zrna su posve izgubljena. Sve je to prije bilo drugačije, kad su se brodovi borili na najkraću udaljenost, često su dolazili metci skoro prsa u prsa. Na pučini, gdje se najvećma vode borbe, nema nikakvih terenskih zapreka, dolina, uzvisina i t. d., zato se gađa na velike udaljenosti i to skoro uvijek neposredno. Promatranje gađanja je dosta teško, mlazovi palih zrna su visoki, njihov relativni položaj prema cilju je teško pravilno procijeniti, a kod toga je na moru točnost korekture od najveće važnosti za upravljanje vatre i uspjeh gađanja, jer kako je rečeno, treba pogoditi samu metu, a ne njezinu bližu okolinu. I u pogledu smještanja topova na brodu ima dosta razlike prema smještanju na kopnu. Prostor na brodu kudikamo je ograničeniji nego li na kopnu, nadalje je top čvrsto ugrađen, a ne kao na kopnu pokretan. Kod toga treba uzeti u obzir, da brodski top mora imati što veće polje gađanja i mogućnost što bržeg skretanja po pravcu i po visini, inače bi suviše zaostajao kod praćenja svojih brzih meta. Ukratko, od modernih brodskih topova se traži, da imaju što veću brzinu i preciznost gađanja i što veću moć vatre. Da bi se svi ti zahtjevi postigli, potrebno je raspolagati s vrlo brižljivo konstruiranim i dobro postavljenim topovima, s najboljim spravama za skretanje i nišanje kao i s naročitim uređajima za dobivanje pouzdanih elemenata za gađanje i upravljanje vatrom.

Što se tiče prvog zahtjeva, t. j. *konstrukcije* samog topa, treba reći, da se današnje brodske topništvo sastoji iz dugih oruđa s položenom putanjom. Takva putanja daje vrlo znatan brisani prostor i pruža mogućnost pogodaka i kod većih griješaka u odstojanju, koje griješke su na moru vrlo česte, ta putanja traži naročito jako konstruirane cijevi. Plakovi barutnih punjenja dosežu ovdje više tisuća atmosfera i početne brzine zrna su kod pojedinih kalibara i do 1000 metara na sek. Da bi se sve to polučilo, potrebno je primijeniti naročite metode konstrukcije cijevi i njihovih pojedinih dijelova. Brodske topovske cijevi se sastoje iz unutrašnje cijevi i vanjskih ogrtača ili prstena. Unutrašnja cijev se pravi tako, da se izlije veliki čelični blok, koji se onda čekićima i hidrauličkim tijeskovima iskuje na debljinu, koju treba imati. Zatim se cijev ostruže i buši na priječnik nešto manji od konačnog pa se onda raznim metodama okali na što veću čvrstoću. Dalje ojačavanje cijevi vrši se obručima, ogrtačima ili slojevima čelične žice, ili konačno na najmoderniji način takozvanom autofretanjem (samopojčanjem). Ovo se samopojčanje postiže umjetnim izazivanjem napona u raznim materijalnim slojevima cijevi, te se naponi onda iskorišćuju za ojačanje cijele cijevi. Velike temperature izgaranja i barutni tlakovi prouzrokuju brzo trošenje unutrašnje cijevi, tako da takozvanu »dušu cijevi« treba češće mijenjati. Kod najnovijih konstrukcija i manjih kalibara ide takva »retubaža« dosta jednostavno i brzo i može se i na brodu provesti.

Vrlo važan dio cijevi predstavlja zatvarač topa, koji može imati oblik klina ili zavrtnja. Brodski topovi imaju najčešće klinaste zatvarače i kod njih preuzima sama čahura najglavniji dio brtvljenja barutnih plinova. Kod teških kalibara pokreću se zatvarači hidraulički ili električki, a postoje i naročita duvala za brzo odstranjivanje dima i čađe izgorjelog baruta nakon hitca. Manji kalibri imaju opet poluautomatičke i automatičke zatvarače, koji

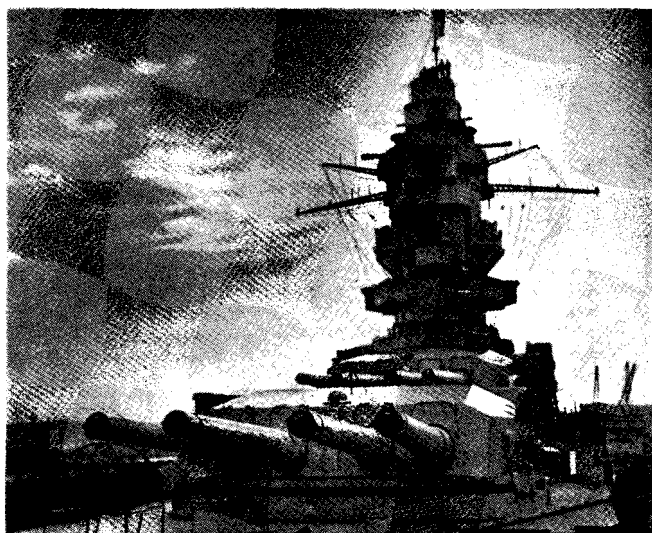
sami izbacuju čahure i pune cijev. Kod svih većih topova imaju zatvarači osim mehaničkog i električno opaljivanje; ovo posljednje je naročito važno za centralno upravljanje vatrom s takozvanog direktora.

U pogledu postavišta topova razlikujemo tri načina: palubni, redutski odnosno kazematski i smještaj topova u oklopljenim kulama i tornjevima. Topovi lakog i srednjeg kalibra smještaju se na palubi i to na postoljima ili na pokretnim platformama. Kod prvog načina je postolje kruto spojeno odnosno pričvršćeno na palubi, a top sa svojom kolijevkom (u kojoj leži cijev) usaden je i pivotiran na pomenutom postolju. Taj način konstrukcije primjenjuje se poglavito kod lakih kalibara i kod automatskih oruđa. Kod srednjih kalibara su top i lafeta sa štitom montirani na jakoj i širokoj platformi, koja je centralno pivotirana i klizi na vijencu kugličastih odnosno valjkastih ležaja. Na velikim bojnim brodovima i krstašima mogu se pojedina laka oruđa i spuštati u naročite zaštićene bunare, da bi se što bolje očuvala od vatre neprijateljskih teških topova za vrijeme bitke i bila kasnije potpuno spremna za obranu od napada aviona ili sitnih (torpednih) jedinica.

U kazematama odnosno redutama smještaju se danas topovi dosta rijetko; kod toga načina su odnosna oruđa smještena pod palubom i unutar zaštite bočnog oklopa. Time su topovi dobro branjeni, ali im je smanjeno polje gađanja i otežano nišanje. Ujedno postoji kod toga načina i pogibelj plavljenja baterija kod svakog većeg nagiba, kod havarija i kod mora. Danas je i kod srednjih kalibara, a pogotovu kod teških oruđa najčešći smještaj u tornjevima. Tu se oruđa sa svojom platformom nalazi unutar oklopljene kule. Topovske cijevi vire kroz otvore kupole, koja je pokretna i leži na kugličastim ležajima. Cijeli sistem tornja vrlo je masivan i produžuje se u vidu spratova kroz takozvani bunar (Turmschacht) do samog brodskog dna. U pojedinim spratovima sadržani su razni i mnogobrojni uređaji za posluhu tornja, skretanje, eleviranje cijevi, dizanje i spuštanje municije, uvođenje zrna u cijev, otvaranje i zatvaranje zatvarača i t. d. Sve te funkcije vrše se električnim ili hidrauličkim putem, naročitim sustavima i prenosima, koji omogućuju precizna kretanja pojedinih uređaja. Predviđen je i ručni pogon za slučaj kakvih većih havarija. Šematski preoz topovskog tornja vidi se iz skice na str. 352.

U svakome tornju smještene su obično dvije ili tri ev. četiri cijevi pa je na taj način postignuta velika ekonomija težina i prostora i ujedno su osigurani najveći sektori gađanja. Kod toga se upotrebljava sustav nadvisivanja i etažiranja, tako da jedan toranj može gađati preko drugoga.

Za gađanje na moru treba u glavnome poznavati ove elemente: udaljenost u času hitca, povećanje odnosno smanjenje te udaljenosti za vrijeme ljeta zrna, korekcije uslijed trošenja cijevi, gustoće zraka, temperature baruta, vjetrova, nadalje korekture uslijed vlastite i neprijateljske vožnje, uslijed valjanja broda i konačno korekture dane na osnovu promatranja upada zrna kod mete. Te korekture daju se preko nišanskih sprava mijenjanjem vertikalnog odnosno horizontalnog kuta, koji nišanska linija stvara sa spojnicom cijevi i cilja, to jest mijenjanjem udaljenosti odnosno skretanja po strani. Nišanske sprave i daljinari, na kojima se ti kutovi postavljaju, imaju podjelu na tisućinke, panoramskog su tipa i izrađeni u vidu durbina, čija optička osovina točno odgovara nišanskoj liniji. Ranije su upotrebljavani teleskopski durbini, koji su međutim napušteni i nadomješteni modernim prizmatičnim doglecima. Svaki brodski top ima obično dvije nišanske sprave, oko kojih se brine naročita posluha, tako da su nišandžije uvijek spremni da povjerena im oruđa drže stalno na cilju, po visini i po strani. Kod jačeg mora ili kod većih promjena elemenata treba za ovako stalno praćenje mete imati naročito uvježbano ljudstvo. To naročito vrijedi za sve veće topove; međutim postoje i uređaji s t. zv. nezavisnim nišanskim linijama, kod kojih se putem jednog sistema diferencijala i planeta nišanska linija može stalno održavati na meti bez obzira na samo skretanje topa. Kod modernih brodskih topova upotrebljava se najviše centralno nišanje i okidanje putem takozvanog »direktora«. Uređaj direktora nalazi se na uzvišenoj platformi, ponajčešće na jarbolu, odakle je daleko vidik na sve strane. Sami topovi i njihova posluha ne trebaju vidjeti cilj, koji često leži iza horizonta i vidljiv je samo s uzvišenog



TORANJ NA RATNOM BRODU

mjesta direktora. Direktor ima svoje daljinomjere i računarske stolove, koji izračunavaju sve potrebne elemente i korekture za pravilno gađanje i upravljanje vatrom. Tu se izračunavaju neprijateljski kurs, brzina, inklinacija, promjene udaljenosti, korekture za vjetar, temperature, upadi zrna, kosina ramena cijevi, valjanje broda, promjene vlastitog kursa i brzine i t. d. Sve to predaje se u vidu konačnih kutova elevacije i skretanja po strani električnim putem na primače, koji se nalaze na samim topovima. Posluga topa ne nišani, nego ima samo da drži u stalnom skladu kazaljku na primaču i kontrolnu kazaljku, koja pokazuje kretanje samog oruđa (sustav »slijedi kazala«). Strujni krug okidanja, koje se također vrši s direktora, ukopčan je tek kad je sve usklađeno i upravljač vatre može paliti kojegod oruđe ili sve topove, po potrebi. Taj sustav upravljanja ima različite manje ili više savršene i modernizirane varijante, tako se na pr. i samo skretanje topova može vršiti električnim putem iz centrale ili s direktora (telekomanda) i t. d. Za slučaj kakvih većih havarija predviđeno je i individualno nišanje topova kao i okidanje na samom topu, davanje elemenata telefonima, računanje korektura običnim računarima i slično.

Kratki pregled i karakteristike najvažnijih brodskih topova:

kalibar u cm i dužina cijevi u kalibrima	težina cijevi u ton.	težina zrna u kilogr.	brzina u met. na ustima cijevi
40.6 d/45	107	907	907
38.1 d/42	96	885	745
30.5 d/46		429	861
20.3 d/50	17	120	960
15.2 d/50	8	45	950
12.0 d/50	3	23	914
10.2 d/50	2.2	14	850
7.6 d/50	0.9	6.3	780
4.0 d/50	0.5	0.9	750

U vezi s podacima ovog pregleda treba općenito napomenuti, da suvremena brodska oruđa imaju vrlo znatne domete. Kako je već rečeno, otvaranje vatre uslijeduje često već onda, kad posluhe topova još ni ne vide cijelu metu, nego je samo razabiru dogleđi s povišene platforme upravljača vatre. Prema tome imaju danas već i topovi srednjeg kalibra domet preko dvadeset kilometara, a oni najvećeg kalibra i preko trideset kilometara.

Posebnu skupinu tvore na brodovima protuavionski topovi. Njihovo lafetiranje je udešeno za kutove do 80 i 85 stupnjeva, a sprave za skretanje omogućuju brzo slijeđenje cilja po visini i po strani. Najveća protuavionska oruđa imaju kalibar od 80 do 120 mm i poluautomatiku. Ti topovi imaju vrlo znatan plafon, brzinu vatre kao i rasprnu moć zrna. Oni predstavljaju »visoku p. a. obranu«, koja ide za tim, da napadajuće avione još na velikoj visini i udaljenosti zaokruži što većim brojem rasprsnih metaka; izravni pogodci su na takvim visinama vrlo rijetki. Srednja i niska obrana se sastoji iz velikog

broja automatskih topova manjega kalibra i iz mitraljeza. Kod mnogih od tih oruđa nalazi se više cijevi na jednom postolju, tako da je omogućena neobično velika gustoća i brzina vatre. Sadašnji rat je već dovoljno pokazao mnoge prednosti ovakove obrane naročito kod obrušavajućih aviona (strovalnika), koji uz torpedne avione predstavljaju najopasniji napad na brodove u pokretu.

Za izračunavanje elemenata gađanja i za upravljanje vatrom postoje kod većih topovskih kalibara naročite protu-aeroplanske centrale (prediktori), daljinomjeri i visinomjeri često sa stabiliziranim platformama, koje imaju da što bolje uklone pogreške uslijed valjanja i posrtanja gađajućeg broda. Međutim kod p. a. topova manjih kalibara, koji moraju razviti što veću brzinu vatre, vrši se gađanje na brži i jednostavniji način manjim kalkulatorima na samim topovima ili često i približnom procjenom elemenata. Kod svakog topa, koji gađa rasprsnim zrnima, postoje naročite sprave za tempiranje, koje u najkraćem vremenu mijenjaju i udešavaju tempirne upaljače. Ar. P.

8. Projekt broda. Kod osnivanja svake tehničke tvorevine dolazi se do konačnog rezultata redovno kompromisom u određivanju i odmierivanju pojedinih osobina te tvorevine. Što više osobina, svojstava ta tvorevina ima, to zamršeniji postaje problem, to više kompromisa imamo da svladamo, osobito ako su te osobine međusobno u opreci.

Među najzavršenije probleme spada svakako i projekt b. Traži se, da b. bude — iz ekonomskih razloga — što lakši, naprotiv opet da mu čvrstoća bude što veća, a to iziskuje što jaču konstrukciju — dakle što veću težinu; traži se, da mu oblici budu što puniji radi veće nosivosti, a s druge strane, da budu što oštiri radi manjeg otpora u vožnji; stabilnost traži veliku širinu, brzina u vožnji što manju i t. d., redom svojstva, koja traže suprotna rješenja.

Kod osnivanja b. na prvom mjestu od važnosti je težina svakoga sastavnog dijela i raspored tih težina. Izračunavanju težina posvećuje se najveća pažnja, a kod gradnje se vaganjem kontrolira račun, pa se tako onda dobivaju ispravni podatci za nove projekte.

Svaka promjena bilo kojeg detalja ili osobine znači i promjenu težine, a kako su sve težine u međusobnoj ovisnosti, to znači, da će se promijeniti težine i svih drugih detalja.

Ako bi se na pr. kod jednoga projekta točnijim računom ustanovilo, da treba pojačati stroj, to će kao prvi rezultat biti potrebno, da se poveća težina stroja. Ako se pak želi, da sve drugo, kao brzina, nosivost i t. d. ostane nepromijenjeno, treba radi povećane težine stroja povećati i sam b., njegovu težinu i težine svih uređaja, pa konačno opet i težinu samoga stroja. Iz toga slijedi, da će svaki projekt predstavljati tek jedno aproksimativno rješenje, koje iziskuje reviziju i ponovno računanje do iduće točnije aproksimacije, i da će tek nakon niza aproksimativnih rezultata izaći definitivni projekt.

Redovno se polazi od kojeg već izvedenog b-a, gdje su nam poznate sve osobine, svi detalji i težine, a što je bliže tom uzoru traženi projekt, tim će posao biti lakši i broj aproksimativnih predraduna manji.

U niz računa idu i svi geometrijski računi u vezi s formom b-a (→ teorija broda), a ti su opet toliko dulji, što oblik broda nije pravilna geometrijska figura već se izražava u bezbroju ordinata. Nadalje se imaju provesti računi otpora kod kretanja, računi čvrstoće, kormilarenja, njihanja na valovima i t. d.

Konačno dolazi raspored prostorija, kod kojeg je radi skućenog prostora i radi uske ovisnosti s podjelom težine problem često vrlo težak. Razumije se po sebi, da i estetika vanjskih oblika kao i unutarnje arhitekture iziskuje naročitu pažnju. D. S.

9. Čvrstoća i gradivo željeznog broda. B. je podvrgnut različitim naprezanjima, a najvažnije je ono u uzdužnom smislu. Već u mirnoj vodi — iako postoji ravnoteža između ukupne težine i uzgona — nije podjela težine i uzgona posvuda jednaka. Na pramcu i krmu postoji višak težine, jer je oblik broda oštar, dok je u sredini višak uzgona: b. je nategnut na savijanje prema gore. Ta se nategnutost još povećava, ako b. dode svojom sredinom na vrh vala (sl. 1a).

U račun se uzima obično val, koji ima istu duljinu kao brod, a visina vala je dvadesetina duljine.

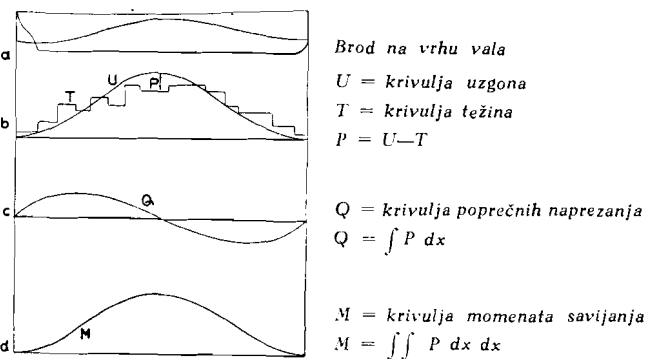
Krivuljom sadržine rebara izračuna se krivulja uzgona U (sl. 1b). Veličina plohe ispod te krivulje daje nam isti-

sinu broda. Uz tu krivulju nacrtat se krivulja težine u pojedinim sekcijama T , ploha pak ispod te krivulje predstavlja ukupnu težinu broda. Jasno je, da obje plohe moraju biti jednake, a i njihova težišta moraju ležati u istoj okomici. Razlika između obje krivulje prikazuje nam opterećenje P , i to + za višak težina, a — za višak uzgona ($P = U - T$) (sl. 1b). Integracijom te krivulje opterećenja dobiva se krivulja poprečnih naprezanja $Q = \int P \cdot dx$ (sl. 1c), a daljom integracijom ove krivulje rezultiraju momenti savijanja $M = \int \int P \cdot dx \cdot dx$, prikazani u krivulji sl. 1d. Za približno računanje kod običnih tipova brodova može se uzeti, da je najveći moment savijanja jednak $\frac{1}{30}$ umnoška

duljine i težine broda.

Za izračunavanje napona u materijalu broda treba kao kod svakoga drugog nosača (grede) izračunati momente tromosti (odnosno otpornosti) poprečnih presjeka b-a u pogledu svih onih elemenata, koje možemo smatrati, da su u uzdužnom smislu nosivi (kontinuirano spojeni).

Iz tako izračunanih momenata rezultiraju naponi materijala u pojedinim dijelovima kao i veličina elastičnog savijanja b-a po duljini.



Sl. 1.

No nisu to jedina naprezanja kod b. U drugom redu dolazi račun poprečnih napona — osobito kod širokih brodova. Onda tu dolazi niz lokalnih naprezanja, na pr. kod nepropusnih pregrada u slučaju, da se jedan prostor napuni vodom i t. d., a napokon ima i takvih, koje se ne mogu računati, kao na pr. udarci valova i različna druga slučajna opterećenja.

O tome, jesu li teoretski računi čvrstoće ispravni, daju nam najjasniju sliku mjerenja, koja se provode na gotovom b. za vrijeme plovidbe. Tu se posebnim spravama automatski bilježe elastična rastezanja (elongacije) između dvije točke u pojedinim elementima, pa se prema ovima lako izračunavaju maksimalni naponi u tim elementima.

Materijal za gradnju željeznoga b-a obično je meki čelik, dobiven Siemens-Martinovim postupkom, sa 0,1—0,4% ugljika, čvrstoće na vlak 41—50 kg/mm² uz 20% rastezanja kod loma. Kod mnogih ratnih brodova kao i kod svih, gdje se traži naročita štednja na težini, upotrebljava se specijalni tvrdi materijal s oko 1% ugljika, čvrstoće preko 55 kg/mm² i s rastezanjem od 16%. Statve se prave većinom od livena čelika, kormila od kovana ili livena čelika. Kod ratnih brodova upotrebljava se za različne detalje i čelik s dodatkom niklja.

Dopuštena naprezanja: za obični čelik 12—16 kg/mm² za sve nosive dijelove, za dijelove, koji samo slučajno budu opterećeni, kao na pr. pregrade kod prodora vode, dopušteno je računati s naponom od 25 kg/mm².

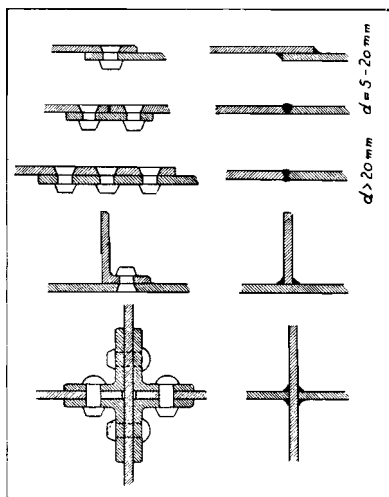
Spajanje pojedinih dijelova vrši se zakivanjem (Nieten) na poznati način. Naročito pomno zakivanje iziskuju nosivi elementi uzdužne čvrstoće, kao na pr. limovi oplate u najvišem i najnižem pojasu. Na stikovima (čelnim spojevima) takvih limova nalazimo do 5 redova zakivanja.

U novije se vrijeme sve više upotrebljava električno svarivanje mjesto zakivanja.

Slabljenje dijelova zbog rupa za zakovice, koje doseže do 30% i više od prvobitnog presjeka dotičnoga dijela, otpada kod svarivanja posvema. Električni šav nema doduše posve punu čvrstoću kao netaknuti dio, jer je utaljeni materijal mekši, osim toga pojavljuju se osobito kod

svarivanja tvrdog materijala različite napetosti na rubovima svarenih dijelova, no svakako je učinak prema sadanjem iskustvu bar 25% bolji.

Poradi toga mogu se reducirati debljine materijala i potići uštednja na težini broda. Osobite pak uštednje nastaju kod spojeva različitih profila s limovima, kako se vidi već iz sl. 2. Kod nekih izgrađenih brodova sa svarenim dijelovima postigla se za 30% lakša brodska trupina. Osim



Sl. 2. UPOREDBA SPAJANJA LIMOVA I PROFILA ZAKIVANJEM I SVARIVANJEM

čina. S vremenom će se i oblici različitih dijelova promijeniti i prilagoditi tomu načinu rada.

10. Klasifikacija, baždarenje i sigurnosni propisi.

Klasifikacija brodova. Klasifikaciju brodova možemo donekle usporediti s građevnom i upotrebnom dozvolom, koje se izdaju kod građevina, uz glavnu razliku, da klasifikaciju vrše privatne ustanove. Vlasnik broda, trgovac, koji brodu povjerava svoju robu, kao i osiguravajuće ustanove, dobivaju tim jamstvo, da je b. ispravno građen, opremljen i održavan, a i državne se vlasti služe klasifikacijom kod nadzora i izdavanja dozvola za plovidbu. Da je klasifikacija prepuštena privatnoj inicijativi, ima mnoge prednosti. Klasifikaciona društva raširena su po čitavom svijetu, raspoložu velikim iskustvom, zbog međusobne konkurencije prisiljena su pratiti svaki napredak u tehnici, a radi uske povezanosti s osiguravajućim društvima stvarno su stroža nego javne vlasti. Glavna su: Lloyd's Register of Shipping, Germanischer Lloyd, Bureau Veritas, Registro Italiano, a ima ih u Norveškoj, USA, Japanu i t. d. Društva izdavaju propise za gradnju, koji sadržavaju dimenzije svih sastavnih dijelova za sve veličine i različite tipove brodova, propise o materijalu, izvedbi, strojevima, opremi i t. d. Društveni organi nadziru fabrikaciju čelika u željezarama, prave pokuse s materijalom, nadziru gradnju brodova, gradnju strojeva i t. d. Tek kad je svim propisima udovoljeno, dobiva b. klasu — temeljni uvjet za osiguranje, plovidbu i t. d. U određenim vremenskim razmacima obavljaju nadzornici generalni pregled b-a, stroja, opreme i obnavljaju klasu b-a.

Baždarenje. Za odmjerivanje različitih taksa, lučkih pristojbi, poreza i t. d. mora se utvrditi neka osnovica. Kod trgovačkog b-a predstavlja trgovački kapacitet — dakle prvenstveno veličina prostora — mjerilo za dažbine. Kod ratnog b-a to je mjerilo uglavnom težina — istisnina ili déplacement. Sve pomorske države imaju propise i pravila, prema kojima se mjeri kubatura prostorija. Ta su pravila većinom vrlo slična, mnoga i jednaka (na pr. engleska i njemačka). Izmjere obavljaju za to ovlašteni organi, koji b-u izdaju baždarski list. Mjere se uzimaju na samom b-u, dobiveni je rezultat ukupne kubature *bruto sadržina* u m³, a ova podijeljena sa 2,832 daje t. zv. *bruto registarsku tonažu* (1 reg. ton. = 100 kubnih stopa ili 2,832 m³). Ova tonaža ne stoji ni u kakvom omjeru s tonažom istisnine ili déplacementom. Ako je slučajno b. kreat i tovarišta nepristupačna, dopušta se skraćena izmjera po formuli:

$$\text{Kubatura u m}^3 = 0.18 L \left(\frac{B+U}{2} \right)^2$$

gdje L znači duljinu broda, B širinu, a U obujam broskog korita, izmjeren lancem do rubova gornjeg krova. K tomu se dodaju sadržine nadgrada nad krovom. Ako se od bruto-sadržine odbiju sadržine onih prostorija, koje se trgovački ne iskorišćavaju, kao na pr. prostor za strojeve, za posadu, gorivo, tankove za vodu i t. d., dobiva se *neto-sadržina*, iz koje izlazi *neto-reg. tonaža*. Društvo Sueskog kanala pa USA za prolaz kroz Panamski kanal propisuju različit način za računanje registarske tonaže. Razlika postoji uglavnom u propisima za odbitak sadržine neiskorišćenih prostorija, tako da b., koji putuju ovim putovima, moraju imati osim običnoga još i posebni baždarski certifikat za Sueski i posebni za Panamski kanal.

Sigurnosni propisi. Od propisa za sigurnost b-a i putnika najvažniji su propisi o nepropusnim pregradama, o nadvođu i o čamcima za spasavanje. Različna klasifikaciona društva propisivala su broj pregrada u razmjeru s duljinom b-a, no sasvim empirički, bez znanstvene podloge. O nadvođu postojalo je više starijih pravila (g. 1872). Engleski Lloyd izdao je 1882 svoja pravila, njem. Seeberufs-Genossenschaft g. 1908, a nakon dugih pregovora priznala su engleska, francuska i njemačka društva međusobno reciprocitet. I o broju čamaca nije postojalo jedinstveno mišljenje, a što je postojalo, nije bilo dovoljno. Katastrofa b-a *Titanic* 1912, koji je udario o santu leda i potonuo, dala je tomu jasan dokaz. B. je nakon sudara još 2¹/₂ sata u posve mirnom moru plivao, no radi nedovoljnog broja čamaca izgubilo je 1490 ljudi život. Povodom te katastrofe sazvan je posebni »Odbor za pregrade i čamce«, koji je 1915 izradio pravila, no ta onda radi rata nisu bila međunarodno priznata. Tek 31. V. 1929 na temelju rada međunarodnog odbora potpisale su gotovo sve pomorske države u Londonu *pravila o sigurnosti brodova*, a 5. VII. 1930 *pravila o nadvođu*. Ta su pravila stupila na snagu 1931 i 1932 g.

Navodimo kratak pregled propisa: a) o nadvođu, b) o nepropusnim pregradama, c) o sredstvima za spasavanje.

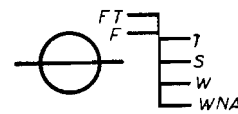
a) **Nadvođe** (njem. Freibord, engl. Freeboard). Nadvođem nazivamo visinu zatvorenoga dijela b-a nad vodom. Od njega zavisi sigurnost b-a proti udarcima valova, zavisi opseg stabiliteta, t. j. veličina kuta, do kojega se može b. nagnuti, a da se ne prevrne; nadvođe konačno daje i veličinu volumena nad vodom, dakle rezervu uzgona (plivanja), kad prodre voda u koji prostor b-a. Kriterij za odmjerivanje nadvođa prvenstveno je omjer uronjenog i neuronjenog volumena b-a, pa je dosljedno tomu *bočna visina* b-a prvi faktor za odmjeru nadvođa. Usto dolaze i drugi faktori u račun. B., koji ima punije forme, pa je uronjeni volumen razmjerno veći, dobit će i veće nadvođe. Kao normalnu duljinu b-a smatra se petnaesterostruka bočna visina. Kod vožnje proti valovima teže će se prilagodivati valovima dulji b., pa zato treba odrediti nešto veće nadvođe, a kod kraćega b-a može se ono smanjiti. B., koji ima veći »skok« od normalnoga, t. j. kojemu su pramac i krma više uzdignuti od sredine, sigurniji je, pa mu se dopušta redukcija nadvođa; ako je pak skok manji od normalnoga, povećava se nadvođe. Znatnu korekturu u nadvođu iziskuju nadgrada na brodu, jer ona povećavaju nadvodni volumen. Propisani su još različiti dodatci, odnosno odbitci, za različite sezone, različite krajeve svijeta i različite vode.

Rezultati računa označuju se na bokovima b-a propisnim crtama. Te crte znače *granicu, do koje smije uroniti narkrcani b.* Kako te crte znače i granicu za ukrcavanje tereta, to su one važne i u trgovačkom pogledu (sl. 1).

Za parobrode na pr. vrijede oznake: crta S, koja je u istoj visini s crtom na krugu, vrijedi za ljeto, W za zimu, WNA za zimu u Sjevernoj Atlantiku, T za trope, F za slatku vodu, FT za slatku vodu u tropima. Posebna su pravila i posebne oznake za drvene b-e, jedrenjake i

tank-b-e. Osobite norme propisane su za konstrukciju zaklopaca, vrata nadgrada i t. d.

b) **Propisi o nepropusnim pregradama.** Da se b. ne potopi, kad prodre voda u nj, najvažnije su nepropusne poprečne pregrade, koje dijele b. u više odjeljaka. Starija pravila za razdiobu b. temeljila su se na empiriji, koja je za osnovicu uzimala duljinu broda. Internacionalna pravila od g. 1932 temelje se na naučnoj i računskoj bazi. Ona poznaju ove pojmove:



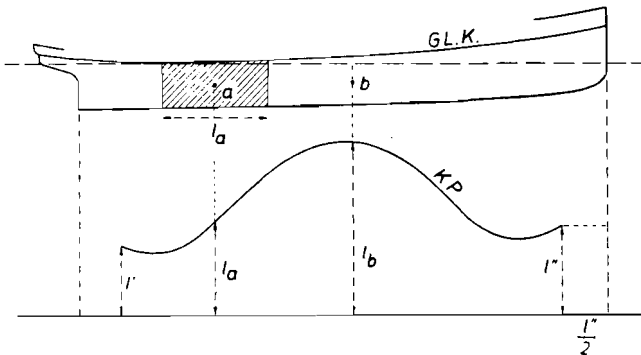
Sl. 1.

Graničnu crtu uronjivanja, crtu, koja ide duž oplata, 75 mm ispod ruba najvišeg krova, do kojega sežu sve pregrade, a preko koje crte ne smije b. ni u kojem slučaju uroniti.

Naplavljiva duljina. Za svaku točku b. (uzetu kao središte) izračunava se, kako velik mora biti prostor naplavljen vodom, da b. uroni toliko, da mu granična crta dodiruje razinu vode. Duljinu tog prostora u b-u zovemo naplavljivom duljinom.

Na pr. za točku a naplavljiva je duljina = l_a , za točku b duljina l_b i t. d. Ovakvo izračunane naplavljene duljine za različite točke nanosene kao ordinate daju krivulju pregrada (KP, sl. 2).

Prostori u b. nisu prazni, oni su višemanje ispunjeni različnim predmetima, pa se ne može računati, da će čitav volumen (prema nacrtu) biti ispunjen vodom, već samo neki dio, izražen u postotcima. Taj postotak zovemo *naplavljivost*, a pravila određuju tu naplavljivost prema vrsti prostora (na pr. za strojarnicu 80% i t. d.). Naplavljive duljine, dobivene računom, ne daju nam još konačni razmak pregrada. Prema vrsti b-a, duljini, broju putnika



SI. 2. KRIVULJA ZA RAČUN PREGRADA

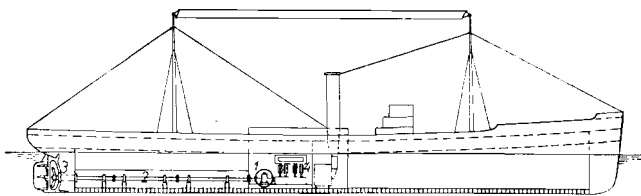
i t. d. treba te duljine skratiti. Faktor skraćivanja vrlo je različit. Kod velikoga putničkoga b-a iznosi on gotovo $1/3$, što znači, da će se prostor razdijeliti po duljini u tri dijela, ili drugim riječima, da bi se u b-u mogle tri susjedne prostorije napuniti vodom, a b. bi uronio samo do granične crte. Razumije se, da pravila sadržavaju još i različite tehničke propise: o veličini i opsegu dvostrukoga dana, o konstrukciji i ispitivanju čvrstoće i nepropusnosti pregrada, o sisaljkama, cjevovodima, nepropusnim vratima i zaklopcima i t. d.

c) Uređaji za spasavanje. Na prvom su mjestu propisi o čamcima. Načelno je određeno, da kod duge plovidbe mora biti mjesta u čamcima za sve osobe na brodu, a preko toga još za 25% svih osoba u drugim uređajima, kao splavima i slično. Čamci ne smiju biti manji od $3\frac{1}{2}$ m³ sadržine, niti teži od 20,3 tona s posadom i opremom. Nisu dopušteni sklopivi čamci. Čamci moraju biti snabdjeveni zračnim škrinjama, koje zapremaju bar 10% njihova prostora. Svaki trinaesti i devetnaesti čamac mora imati propisni motor za 6 m. milja brzine, radiotelegrafiju, projektor i t. d. Prema duljini b. propisan je broj soha (dizala za čamece) te ukupna kubatura čamaca. Splavi i ostala sredstva za spasavanje moraju imati bar 14,5 kg nosivosti po osobi. Postoje odredbe, gdje i kako moraju sve te naprave biti smještene.

Pravila o sigurnosti b. sadrže nadalje propise, kao na pr.: o dvostrukom dnu, o nepropusnim vratima i zaklopcima, vatrogasnim uređajima, sisaljkama, uređajima za manevriranje stroja, za kormilarenje, svijetla, signale, radiostanice i t. d.

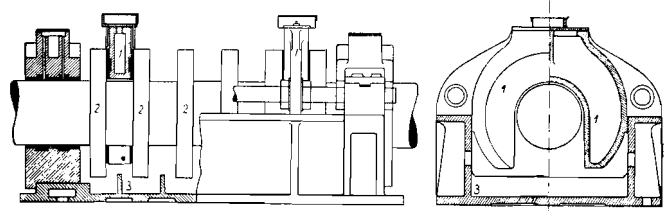
D. S.

III. Brodski strojevi. Sila propulzije djeluje između brods-koga vijka i vode, odnosno kod brodova na kotače između lopata kotača i vode. Kod pogona brodskim vijkom



SI. 1. ODRIVNI LEŽAJ — HVATIŠTE SILE PROPULZIJE

1. Odrivni ležaj, 2. osovina vijka, 3. brodski vijak, 4. glavni brodski stroj

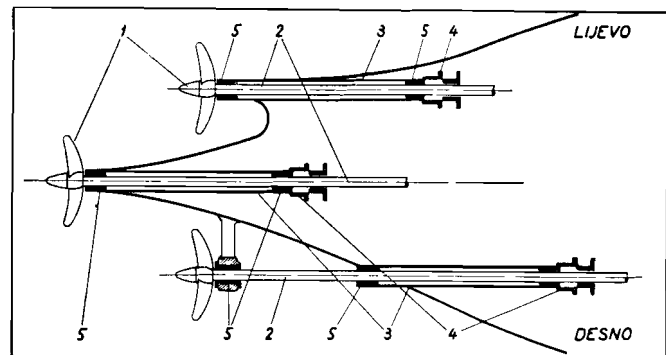


SI. 2. ODRIVNI LEŽAJ

1. Potkovasta uporišta, 2. prsteni, 3. temelj

ona se prenosi uzduž osovine vijka do odrivnog ležaja, pa se preko tog ležaja prenosi na brodsko tijelo (sl. 1 i 2); odrivni ležaj je hvatište sile propulzije. Kod pogona na kotače sila propulzije prenosi se na radijalne ležaje, u kojima leži osovina kotača. Materijal, od kojeg je građen brodski vijak, ima granice dopuštenih naprezanja pa prema tome i tlak, koji mu može podnijeti jedinica površine. Sila propulzije je dakle ograničena plohom vijka. Ploha brodskog vijka ovisi opet od njegova promjera; kako je pak promjer ograničen gazom b-a, ograničena je time i ploha brodskog vijka, pa i sila propulzije, što je može dati jedan brodski vijak. Zbog toga se u slučajevima, kad veličina i brzina broda zahtijevaju tolike sile propulzije, da ih ne može proizvesti jedan brodski vijak, postavljaju na brodove dva, tri ili četiri vijka, već prema potrebi. U ovim se slučajevima brodski vijci postavljaju uvijek tako, da voda, koju pokrene jedan brodski vijak, ne ulazi u tok vode, što prilazi drugom vijku (sl. 3). — Kod brodova na kotače dostaju uvijek dva kotača (na svakom boku po jedan) za proizvodnju sile propulzije. — Kod najvećih brodova sila propulzije iznosi za svaki vijak i preko 100 tona.

I. Glavni brodski strojevi (GBS) razlikuju se od strojeva iste vrste na kopnu u tome, što brodski strojevi moraju biti naročito sigurni u pogonu, jednostavni za rukovanje i po mogućnosti što lakši. Veću sigurnost zahtijeva usamljen položaj b-a, kad se nalazi na pučini, te mu i malene smetnje, koje kod kopnenih instalacija ne predstavljaju nikakvu opasnost, mogu uroditi teškim posljedicama, jer u



SI. 3. RAZMJESTAJ TRIJU OSOVINA; lijevo s prekrivenom osovinom, desno s otkritom osovinom

1. Brodski vijak, 2. osovina vijka, 3. krmena cijev, 4. brtvenica krmene cijevi, 5. ležaji (iz bijele kovine ili drva »rakovina«)

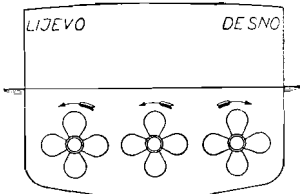
slučaju oluje može ovakva smetnja biti uzrok, da b. propadne, a s njime i ljudski životi i dobra, koja brod prevozi. Jednostavnost u rukovanju potrebna je s razloga, da se i kod smanjenih mogućnosti upravljanja, što uvijek nastupa za vrijeme oluja, GBS mogu ipak redovno upravljati. Malena težina potrebna je kao i kod svakog drugog prevoznog sredstva, jer tako ostaje više slobodne težine i prostora za osnovnu svrhu broda.

S obzirom na brzinu razlikuju se trgovački od ratnih brodova time, što trgovački brodovi voze gotovo uvijek brzinama, koje su u blizini njihove najveće brzine, dok ratni brodovi najčešće voze sa $1/3$ do $1/2$ najveće brzine, a najvećom brzinom ($3/4$) voze samo u borbi. Kako se snage GBS odnose međusobno kao treće potencije brzina b., slijedi, da trgovački brodovi voze najčešće sa 100% najveće snage GBS, dok GBS ratnih brodova kod $1/3$ najveće brzine trebaju samo 4%, a kod $1/2$ brzine samo 13% najveće snage (100%), koju mogu razviti njihovi GBS kod najveće brzine.

Kao i svako drugo prevozno sredstvo treba i b. voziti natraške — krmom. Zbog toga moraju njegovi GBS biti tako građeni, da se mogu okretati u oba smjera okretanja. Takve strojeve nazivamo *prekretnim strojevima*, a vršenje

promjene smjera okretanja nazivamo *prekretanjem*. Pri tome se brodski vijci i kotači okreću u protivnom smjeru od onoga, kojim su se okretali, kad je brod vozio naprijed.

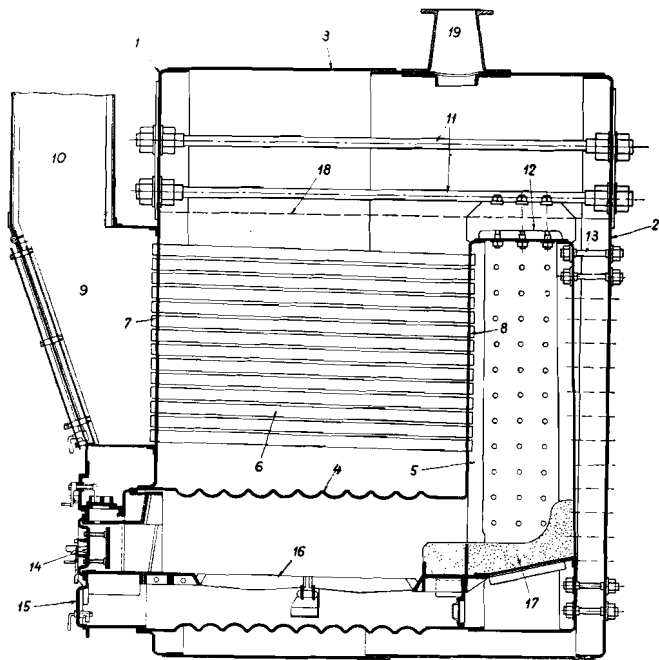
Smjer okretanja brodskih vijaka kod vožnje naprijed ustaljen je i uvijek je isti. Gledano s krme svi se srednji vijci i vijci s lijeve strane broda okreću protivno od kretanja kazaljke na satu, dok se svi vijci s desne strane b-a okreću kao kazaljke sata (sl. 4); pri vožnji krmom svi se vijci okreću u smjeru protivnom od navedenih. Kod sasvim malenih b-ova vožnja krmom može se postići okretanjem krila brodskog vijaka oko osi krila.



Sl. 4. OKRETANJE BRODSKIH VIJAKA GLEDANO U SMJERU VOŽNJE

II. GBS mogu biti *parni strojevi* (PS) ili *Diesel-motori* (DM). PS dijele se na *stapne parne strojeve* (SPS) i *parne turbine* (PT); za oba ova tipa PS potrebni su *parni kotlovi* (PK).

Kao brodski PK upotrebljavaju se vatrocijevni i vodocijevni kotlovi. *Vatrocijevni kotao* kombiniran je s cilindričnim kotlom, te je tako nastao *cilindrični vatrocijevni kotao* (CVK) kao tipični kotao na golemoj većini brodova (sl. 5). CVK je velika cilindrična posuda, u koju je uložena jedna ili više valovitih komora, nazvanih plamenice, u kojima izgara gorivo na rešetkama. Topli plinovi toga sagorijevanja vode se kroz povratnu komoru, promijene smjer kretanja, prolaze kroz vatrocijevi u dimnjačnicu pa zatim u dimnjak. Kako su plamenice, povratne komore i vatrocijevi



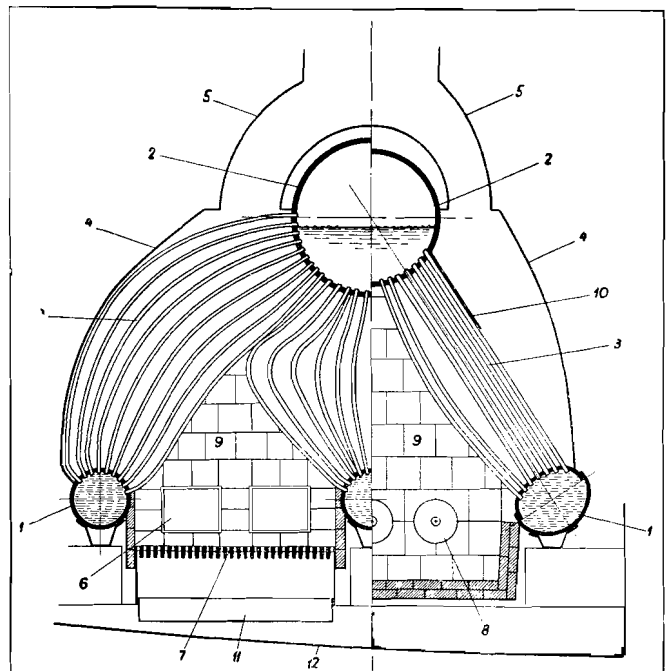
Sl. 5. CILINDRIČNI VATROCIEVNI KOTAO (Uzdužni presjek)

1. Ceona stijena, 2. začelna stijena, 3. plašt, 4. plamenica, 5. povratna komora, 6. vatrocijevi, 7. pročelna cijevna ploča, 8. začelna cijevna ploča, 9. dimnjačnica, 10. dimni kanal, 11. pripone, 12. pojačanje, 13. rastojnice, 14. vrata ložišta, 15. vrata pepeonika, 16. rešetke, 17. povratni zid, 18. površina vode, 19. oduzimanje pare

sa svih strana opkoljene vodom, veliko je iskorišćavanje topline, pa su zbog toga CVK vrlo ekonomični. Zbog ovakve konstrukcije CVK ima velike ravne plohe, na koje unutarnji tlak izvodi sile od nekoliko stotina tona. Da bi te plohe izdržale ovalike sile, a da pri tome debljina lima, od kojeg se gradi kotao, oстане u granicama, do koje se može obrađivati, mora CVK imati mnogo pojačanja, a pored toga tlak u njemu ne smije prijeći neku granicu (16 atmosfera). Posljedica takve konstrukcije CVK je velika težina, ograničenje ogrjevne površine i slaba cirkulacija vode. Po veličini CVK mogu imati jednu do četiri plamenice s istim brojem povratnih komora i snopova vatrocijevi. U svaku plamenicu loži se odvojeno. Slaba cirkulacija vode u CVK iziskuje mnogo vremena (8 do 12 sati), da se stvori para i da je b. spreman (*»parospremnost«*). Velika količina vode u CVK daje mu

sposobnost, da je u pogonu elastičan na nagle promjene opterećenja, jer njih preuzima na sebe velika količina vode, koja djeluje kao akumulator topline. Zbog ovoga svojstva CVK treba razmjerno malo pažnje pri pogonu. — Navedena svojstva pokazuju, da CVK nije zgodan za one b-ove, koji moraju isploviti u vrlo kratko vrijeme; no podesan je za one b-ove, kod kojih nadzor nad kotlovima nije naročito velik. Zbog tih karakteristika CVK se upotrebljava na većini trgovačkih brodova, jer oni plove po određenim voznim redovima, te nikada nema potrebe, da iznenada budu spremni, kao na pr. ratni brodovi, koji se ponekad moraju u roku od jednog sata ili i ranije parospremiti.

Vodocijevni kotao (VK, sl. 6) nije neki posebni tip kotla, kao što je to CVK. Brodski VK sastoji uglavnom od tri ili četiri komore, od kojih je jedna, gornja, parovnik, a doljnje su vodene komore. Vodene komore su cijevima spojene sa parovnikom. Ovim cijevima (promjera 25 do 50 mm) spojen je vodeni prostor parovnika s vodenim komorama, pa je po ovim cijevima i dobio naziv *»vodocijevni«*. Brodski VK dijele se u dvije grupe: grupu s ravnim i u grupu s jako savijenim vodocijevima (sl. 6, desno i lijevo). VK loži se u prostoru između vodenih komora. Toplina iz goriva prelazi na vodu u cijevima dijelom isijavanjem na prve redove cijevi, a dijelom zbog dodira toplih plinova od sagorijevanja s hladnijim cijevima cijeloga kotla. Što je broj vodocijevi veći (može ih biti i par hiljada), to je masa vode raščlanjenija i u većoj količini dovedena pod upliv topline plinova sagorijevanja, te se kotao može mnogo brže *»parospremiti«*, u slučaju hitne potrebe i za manje od jednoga sata. Ovakva gradnja VK vrlo je zgodna, jednostavna, elastična i laka, te se VK može graditi i za veće tlakove (60 atmosfera) i za vrlo velike ogrjevne površine (preko 1000 m²). Pored toga ovakva mu konstrukcija daje veći kapacitet za proizvodnju pare sa svakog kvadratnog metra ogrjevne površine (do 80 kg na sat). Nedostatak VK je njegova velika osjetljivost na promjene opterećenja, a ta dolazi baš od velike raščlanjenosti njegove vodene mase. Zbog ovoga treba VK daleko veću i pomniju pažnju no CVK, jer pri naglim promjenama opterećenja, koje su baš svojstvo brodskog pogona, može kotao ostati bez vode ili prekipjeti (kad s parom odlazi u PS i voda), što može proizvesti havariju na kotlu (*»izgori«* ili PS (*»udarac vode«*). Za razliku od VK na kopnu, koji su sasvim obzidani opekama, brodski VK ima opeke od vatrostalnog materijala samo na dnu, začelju i pročelju ložišta, dok su ostali dijelovi obloženi oblogom od lima i azbesta. Na taj način je postala težina brodskog VK ra-



Sl. 6. VODOCIEVNI KOTAO (Poprečni presjek, lijevo kroz vodocijevni kotao sa savinutim, desno s ravnim cijevima)

1. Vodena komora, 2. parovnik, 3. vodocijevi, 4. oblog, 5. dimnjačnica, 6. vrata ložišta, 7. rešetke roštilja, 8. rasprskajući, 9. vatrostalno zide, 10. lim za skretanje plinova sagorijevanja, 11. pepeonik, 12. brodska oplata

zmjerno najmanja. — Zbog navedenih svojstava VK se upotrebljavaju za sve ratne brodove, jer je kod njih brza spremnost za vožnju naročito važna, bilo da ratni brod mora naglo isploviti, bilo da u vožnji poveća brzinu potpaljivanjem kotlova, koji do tada nisu bili u pogonu.

Loženje brodskih kotlova može biti ugljenom ili uljem. Pri loženju ugljenom nabacuje se ugljen na rešetke roštilja (sl. 6, lijevo). Ugljen nabacuju ložači. Kako na brodu ima malo raspoloživih skladišta za ugljen (ugljenarke), jer su na uštrb korisnoj nosivosti broda, mora se za pogon brodova upotrebljavati što bolji kameni ugljen. Pri velikim brzinama loženje broda ugljenom postaje sve teže, dok kod velikih kotlova postane posve nemoguće, jer ložači nisu u stanju nabacati potrebnu količinu ugljena. Zbog toga se prešlo na loženje uljem. U tu svrhu zagrijava se ulje na oko 80° C, da bude žitkije, te ga posebne sisaljke pod tlakom od 8 do 15 atmosfera (kod malenih količina mlažom pare) dovode rasprskućima (sl. 6, desno), čiji otvori strše u prostor sagorijevanja u kotlu. Rasprskuća rasprše ulje za loženje u širok, čunjast mlaz sitnih kapljica, koje se dobro pomičešaju sa zrakom i na nekoj udaljenosti ispred rasprskuća upale, gore i tako griju kotao. Ulje za loženje pohranjuje se na brodovima u posebnim tankovima, ugrađenim u brodsko tijelo. Budući da je ulje za loženje tekućina, ono iskoristi raspoloživi prostor bolje nego ugljen, pa kako mu je ogrjevna vrijednost za 20% veća od najboljeg ugljena, postalo je ulje za loženje dragocjeno gorivo za loženje brodskih PK, te ga zbog toga upotrebljavaju na svim ratnim brodovima.

Da se poveća ekonomičnost rada PS, para se i na brodovima sve češće *pregrijava*. To znači, da se njena temperatura povisuje preko temperature, kod koje voda u kotlu vrije. Pregrijava se vrši u pregrijačima. Kod CVK pregrijač se sastoji iz snopa cijevi, savijenih u obliku slova U i uložnih u vatrocijevi kotla. Kod VK pregrijač se meće povrh snopova vodocijevi kotla, a cijevi su također savijene u obliku slova U. U oba slučaja jedan kraj cijevi pregrijača završava u komori spojenoj s parovnikom, u koji ulazi (suha ili zasićena) para iz kotla, a drugi kraj cijevi pregrijača završava u komori, iz koje se para odvodi u PS. Na brodovima se para pregrijava do 400° C.

S istog razloga, da se poveća ekonomičnost brodskog pogona, *zagrijavaju* se i *napojna voda*, kojom se napajaju kotlovi, i *zrak*, koji služi za sagorijevanje goriva u kotlu.

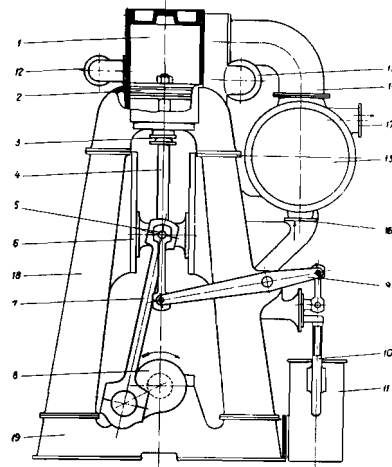
Napojna voda se grije ispušnom parom u zagrijačima vode, a zrak se grije plinovima sagorijevanja u posebnom zagrijaču zraka, koji se ugradi u kotao u struju plinova sagorijevanja, nakon što su prošli cijeli kotao i pregrijač.

Za napajanje kotlova upotrebljava se isključivo *slatka voda*. U koliko brod ne može sobom ponijeti dovoljne količine napojne vode, ona se kod brodova na moru nadoknađuje destilacijom morske vode, a na rijekama se uzima izravno iz toka rijeke, u kojem slučaju PK ne smiju biti osjetljivi na ovakvu vodu, koja nije uvijek čista. — CVK podnose tvrđu vodu nego VK. Što je tlak u kotlu viši, to napojna voda mora biti mekša.

III. U brodskim PK proizvedena para (tlaka 5 do 60 atmosfera, najčešće 5 do 15, a samo na ratnim brodovima i novim brzim trgovačkim brodovima preko 20 atmosfera) troši se najvećim dijelom (85 do 90%) za pogon GBS; preostali manji, ali još uvijek znatni dio (10

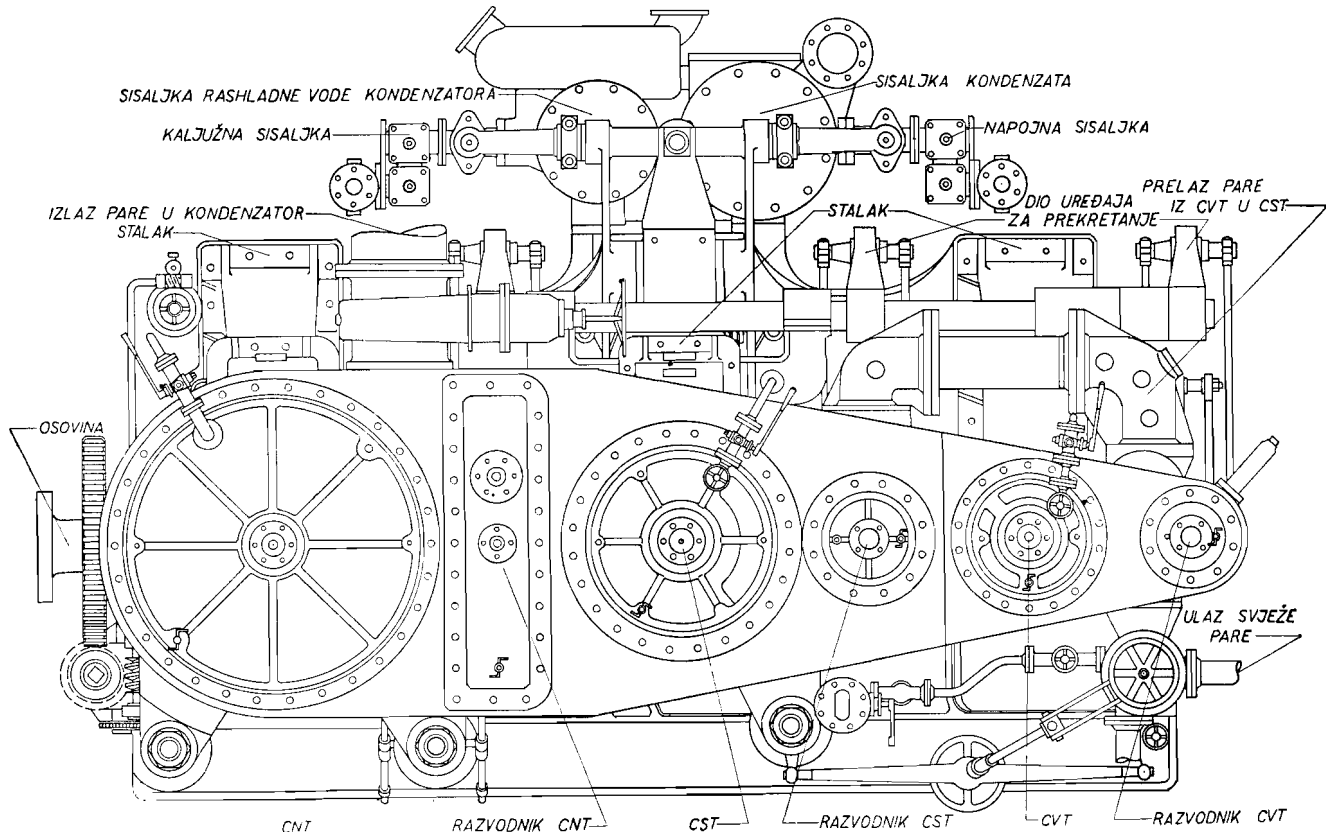
do 15%) troši se u pomoćnim parnim strojevima. PS kao GBS mogu biti SPS ili PT. Na trgovačkim brodovima prevladavaju SPS (oko 75%), a parnih turbina ima manje (oko 15%), i to samo na brzim putničkim b. Na ratnim b. naprotiv nalazimo gotovo svuda samo PT.

Stapni parni strojevi (SPS) za brodski pogon podesni su



Sl. 7. STOJEĆI BRODSKI STAPNI STROJ

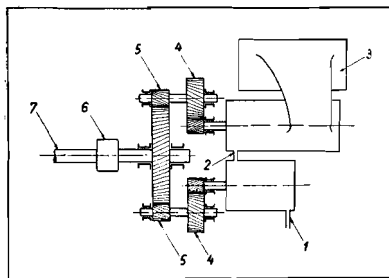
1. Cilindar, 2. stap. 3. brtvenice. 4. stapnica, 5. križna glava, 6. klizne staze, 7. ojnica, 8. koljenčasta osovina, 9. balansna poluga za pogon pomoćnih strojeva, 10. napojna sisaljka i kaljužna sisaljka, 11. sisaljke kondenzata i vode za rashladiavanje kondenzatora, 12. ulaz svježije pare, 13. prijelaz pare iz jednoga u drugi cilindar, 14. izlaz pare u kondenzator, 15. kondenzator, 16. ulaz rashladne vode, 17. izlaz rashladne vode kondenzatora, 18. stalak, 19. temelj



Sl. 8. BRODSKI TROEKSPANZIJSKI STAPNI PARNI STROJ (Pogled odozgo)

za malene snage od par stotina do oko 1500 KS. Ima SPS građenih i od 20.000 KS, ali kod novogradnja njih su potpuno istisnule PT. SPS radi uvijek izravno na osovinu brodskog vijka, a kod brodova na kotače radi uvijek izravno na kotače. SPS (točnije: njihove osovine) čine 40 do 60 okretaja u minuti, najčešće 60 do 90; manji broj okretaja imaju veći, a veći broj okretaja imaju manji SPS. SPS b-ova na moru su uvijek stojeći. Na rijekama, kod brodova na kotače, SPS su ležeći; u koliko se i ovdje uzmu stojeći SPS (jer zauzmu mnogo manje prostora no ležeći), onda se grade s osciliratornim cilindrima (bez križne glave). Kao kod svih SPS, tako i kod brodskih postoji stepni mehanizam (stap-stapnica-križna glava-ojnica-osno koljeno, sl. 7), kojim se linearno gibanje stapa u cilindru pretvara u rotaciono gibanje osovine. Za razvođenje pare, koja mora naizmjence dolaziti iznad stapa (gore) i ispod stapa (dolje), imaju SPS razvodnike. Kako se razvodnom mehanizmu SPS dade još zadatak prekretanja, t. j. da se osovina SPS može okretati u oba smjera okretanja, a da pri tome ne treba da se pomakne stepni mehanizam s osovinom (što bi bilo vrlo teško, odnosno nemoguće), to on postane *prekretni razvodni mehanizam*. Na b. ima više vrsta ovakvih prekretnih razvodnih mehanizama; no najrasprostranjeniji je Stephensonov; vrijedi spomenuti i Joyov prekretni mehanizam, koji daje nešto šire, ali najkraće SPS, što je na brodovima često važna potreba. Ovakvim prekretnim razvodnim mehanizmom može se upravljati i snaga SPS (promjenom punjenja). Brodski SPS imaju rjeđe 2 ili 4 cilindra, a najčešće tri cilindra (sl. 8). Broj cilindara pokazuje i broj ekspanzija: dvo-, tro- ili četveroekspanzioni SPS. Omjeri su volumena cilindara različiti, ali to veći, što je ekspanzija veća. Cilindri se razlikuju prema visini tlaka pare u njima: u cilindre visokog, srednjeg i niskog tlaka (CVT, CST i CNT). Brodski SPS lakši su od SPS kopnenih instalacija. — Pri radu SPS pojavljuju se u osovinskom vodu brodskog vijka *vibracije*, koje se prenose na brodsko tijelo, osobito na krmu. Ove vibracije vrlo su neugodne, a bile su već i uzrok, da se osovina prelomila. Da se ove vibracije otklone, treba SPS graditi po osobitim uvjetima. Što je broj cilindara manji, to je teže zadovoljiti ovim uvjetima.

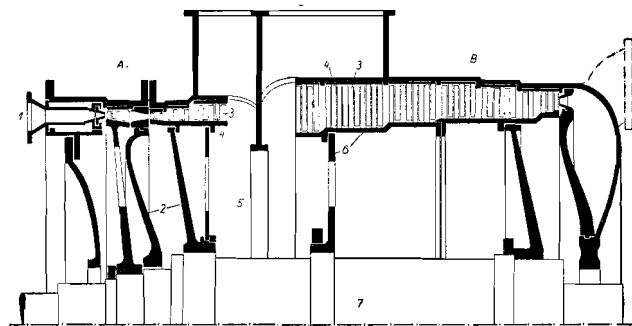
*Brodске парне турбине (PT) upotrebljavaju se na velikim brzim trgovačkim i gotovo na svim ratnim b. S pomoću njih postignute su — kao i na kopnu — najveće snage na b. (američki nosač aviona Lexington — 180.000 KS). PT nije bila pogodna kao GBS s razloga, što ona radi povoljno kod velikog broja okretaja (3000), a brodski vijci rade povoljno kod niskog broja okretaja (50 do 100), te je bilo teško zajedno spojiti ova dva oprečna zahtjeva. Zbog toga su konstruirane reakcione (Parsonsove) PT, koje rade ekonomično i s nešto nižim brojem okretaja (900), te su se tako malo približile zahtjevima brodskog vijka. Tek uvođenjem *zupčanog prenosa* između PT i brodskog vijka bilo je opet moguće dati brodskoj PT i vijku, svakom za sebe, onaj broj okretaja, koji im je najpovoljniji. Tako je omogućeno, da akcione PT s 3000 okretaja u minuti putem jednostrukog zupčanog prenosa (kod brodova s manjim gazom, redovno kod ratnih brodova) okreću brodski vijak s oko 400 okretaja u minuti, a putem dvostrukog zupčanog prenosa (kod brodova s većim gazom, trgovački brodovi, sl. 9) da okreću brodski vijak s oko 100 okretaja u minuti. Velik broj okretaja omogućio je, da PT bude mnogo lakša, te je tako omogućeno, da se na brodovima upotrebljavaju*



Sl. 9. PARNA TURBINA S DVOSTRU-
KIM ZUPČANIM PRIENOSOM

1. Ulaz pare u visokotlačnu turbinu, 2. prijelaz pare u niskotlačnu turbinu, 3. kondenzator, 4. prvi stupanj zupčanog prijenosa, 5. drugi stupanj zupčanog prijenosa, 6. odzivni ležaj, 7. osovina brodskog vijka

PT snaga preko 40.000 KS na svakoj osovini. — Brodska PT mora se dati prekretati. Zbog toga ima osim normalne turbine za vožnju naprijed prigradena još jedna *turbina za vožnju krmom* (sl. 10). Kod prekretanja turbina za vožnju krmom dobije svježu paru, koja je okreće u smjeru protivnom nego do tada. Zbog toga, što je manja, turbina za vožnju krmom obično ima za polovinu manju snagu nego turbina za vo-



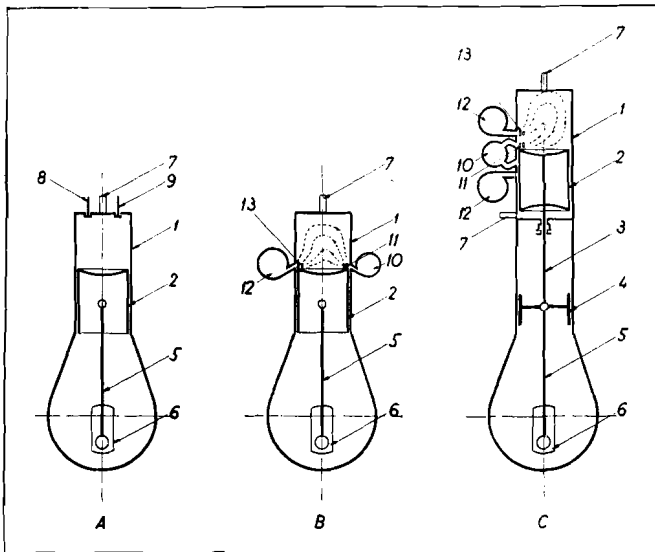
Sl. 10. SHEMATSKI PRIKAZ GORNJE POLOVINE NISKOTLAČNE PARNE TURBINE (B) S PRIGRAĐENOM TURBINOM ZA VOŽNJU KRMOM (A)

1. Ulaz svježe pare, 2. koluti, 3. lopatice rotora, 4. lopatice statora, 5. prostor spojen s kondenzatorom, 6. bubanj, 7. osovina

žnju naprijed. — Brodske PT obično su razdijeljene u dva kućišta (visoki i niski tlak); kod najvećih snaga ima još i treće kućište, u kome leži PT srednjeg tlaka. Svaki ovakav dio brodske PT zahvata svojim malim zupčanicom o glavni zupčanik, koji leži na osovini brodskog vijka. Kod ratnih b., koji za vrijeme svoga trajanja najčešće voze brzinama od 10 do 15 čvorova, postoje za ove malene brzine ($1/3$ do $1/2$ najveće brzine) posebni uređaji. To su t. zv. *marš-turbine* ili turbine za krstarenje, ili posebni kanali (sapnici) za dovod pare glavnoj PT, t. zv. *marš-sapnici* ili sapnici za krstarenje. U slučajevima ovakve vožnje dobivaju svježu paru za pogon samo ove turbine, odnosno sapnici, jer je tada potrebna snaga vrlo malena (4 do 13%). Zupčanici za prenos snaga s PT na osovine brodskih vijaka (često nazivani »reduktori«) spadaju u najpreciznije izrađene zupčanike, jer prenose vrlo velike snage. Oni rade pod jakim mlazovima ulja, koje posebne sisaljke štrcaju u zahvat zupčanika.

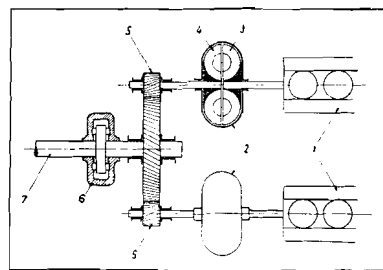
PS brodova rade uvijek s *kondenzacijom*. To znači, da se para, koja je u PS izvršila radnju, t. zv. ispušna para, odvodi u posebne uređaje, nazvane kondenzatori, u kojima se pretvara opet u vodu. U tu svrhu rashlađuju se kondenzatori hladnom vodom, koja se uzima iz mora, odnosno iz rijeke ili iz jezera. Rashlađivanje se može vršiti tako, da rashladna voda struji u cijevima odvojeno od pare; ovakvi se kondenzatori zovu *površinski kondenzatori* (sl. 15). Ili se rashlađivanje vrši tako, da se rashladna voda miješa s parom; ovakve kondenzatore zovemo *kondenzatori s miješanjem*. Površinski kondenzatori upotrebljavaju se na svim pomorskim b., jer se morska voda ne smije miješati s kondenziranim parom (kondenzatom). Kondenzatori s miješanjem upotrebljavaju se na riječnim b.; no kod većih PS upotrebljavaju se i na rijekama površinski kondenzatori. Kondenzacija se vrši pod tlakom, koji je manji od atmosferskog, pod vakuumom (0,8 do 0,95 atmosfera manji od vanjskog), jer tada para kondenzira kod nižih temperatura (60 do 36° C). Visina ovog vakuuma ovisi o temperaturi rashladne vode i o njenoj količini. Kondenzat se odvodi u kotlove (zato ne smije imati soli, koja bi došla u slučaju miješanja s morskom vodom) kao napojna voda; neizbježni gubitci nadoknađuju se iz cisterna kotlovske vode, iz destilatora morske vode ili — na rijekama — iz toka rijeke. Rashladna voda izlazi iz kondenzatora opet izvan broda. Za svaki kilogram kondenzirane pare treba oko 60 kg rashladne vode; kod PT snage 25.000 KS iznosi to oko 7200 tona rashladne vode na sat.

IV. Dok se kod PS sagorijevanje vršilo u PK, dakle izvan samog PS, kod motora s unutrašnjim sagorijevanjem zbiva se i sagorijevanje i pretvaranje toplinske energije u mehaničku u cilindru samoga stroja. Od motora s unutrašnjim sagorijevanjem za pogon brodova dolaze u obzir samo *motori*, koji rade po sistemu *Diesela* (DM). Zadnjih godina se DM sve više ugrađuju na b. (motorni brodovi) tako, da je polovina b., koji su u 1938 godini bili u gradnji, bila predviđena na pogon DM; no s obzirom na veliki broj starijih b., koji svi imaju PS, u ukupnom broju b. ima DM samo oko 10%. DM-i istiskuju SPS-e do snaga od 2500 KS; preko te snage upotrebljavaju se radije PT, premda ima DM građenih i za snagu od 7000 KS. Uzrok ovako širokoj primjeni DM leži u njihovoj velikoj ekonomičnosti u pogonu (troše najmanje goriva). Za snage do 2000 KS upotrebljavaju se jednoradni četverotaktni DM (sl. 11, A). Usprkos tome, što imaju veći broj ventila i poluga, oni su ipak najjednostavniji za pogon. Za snage do 4000 KS do-



Sl. 11. SHEMA BRODSKIH DIESELOVIH MOTORA JEDNAKIH VOLUMENA CILINDARA, A jednoradni četverotaktni, B jednoradni dvotaktni, C dvoradni dvotaktni
 1. Cilindar, 2 klip (na slici C: stap), 3. stapnica, 4. križna glava, 5. ojnica, 6. osno koljeno, 7. ventil za gorivo, 8. usisni ventil, 9. ispušni ventil, 10. zrak za ispiranje, 11. raspori za ispiranje, 12. ispuh, 13. ispušni raspori

laze u obzir jednoradni dvotaktni DM (sl. 11, B). Kako za svaki okretaj osovine dolazi u cilindru do sagorijevanja, ima ovakav DM — s jednakim volumenom cilindra — gotovo dva puta veću snagu nego jednoradni četverotaktni DM. Za još veće snage (7000 KS) upotrebljavaju se dvotaktni dvoradni DM; »dvoradni« znači, da sagorijevanje nastupa izmjenično iznad i ispod stapa u cilindru, pa za svaki okretaj osovine dolaze u cilindru po dva sagorijevanja tako, da je snaga ovakvog DM gotovo 3,5 puta veća od snage jednoradnog četverotaktnog DM s istim volumenom cilindra (sl. 11, C). Dvotaktni DM razlikuju se od četverotaktnih u tome, što nemaju usisnih i ispušnih ventila kao ni poluga, koje njima pripadaju, jer se punjenje cilindra zrakom i njegovo ispražnjivanje od plinova sagorijevanja vrši kroz raspore, koji se nalaze na plaštu cilindra, a njihov rad upravlja sam stap. Kod jednoradnog treba da je samo jedna, a kod dvoradnog moraju biti dvije grupe ovakvih raspore. Zrak za ispiranje dobavlja dvoradnim DM posebno puhalo. Ovakvo snabdijevanje cilindara zrakom ipak komplicira dvotaktne motore, te se zbog toga, gdje god je to moguće, radije upotrebljavaju četverotaktni DM. Što se tiče visine DM, koja je kod nekih brodova također važna (podmornice, riječni brodovi), dva prva tipa DM jednako su visoka, dok je zadnji, dvoradni dvotaktni, mnogo viši od njih. — Najveći DM građeni su za brodski pogon. — Za trajno povisivanje snage kod četverotaktnih DM (za oko 30%, a kratkotrajno i za 50%) počelo se u posljednje vrijeme upotrebljavati nabijanje cilindara zrakom (prekotlaka do 0,4 atmosfere, Büchi), mjesto da zrak siše u cilindar sam klip. — Brodski DM imaju najčešće po 6 cilindara, no ima ih i sa 4, 8 i 9 cilindara. Brojevi okretaja su najveći kod jednoradnih četverotaktnih (do 400), a najmanji kod dvotaktnih dvoradnih (oko 120). Kad se hoće laki DM, onda se mora uzeti veći broj okretaja, pa za prenos snage na osovinu brodskog vijka upotrijebiti zupčani prijenos. — Kod brodskih DM pojavljuju se u osovinskom vođu brodskog vijka vibracije kao i kod SPS u toliko više, što je rad DM manje jednoličan nego rad SPS. No veći broj cilindara olakšava umi-



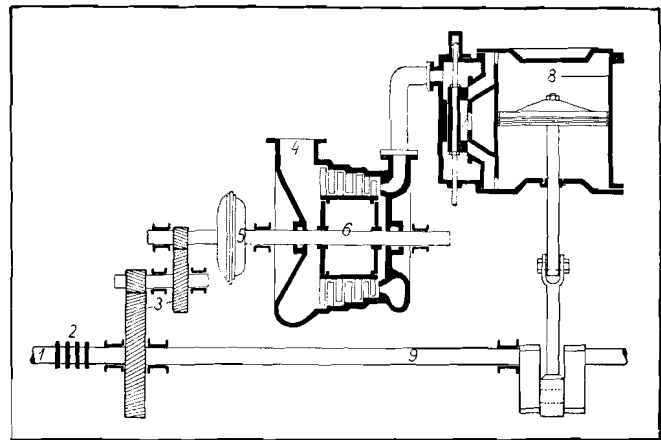
Sl. 12. SHEMATSKI PRIKAZ POGONA DVAJU DIESELOVIH MOTORA JEDNOG BRODSKOG VIJKA PREKO HIDRAULIČNE KOPČE I ZUPČANOG PRIJENOSA

1. Dieselovi motori, 2. hidraulična kopča, 3. centrifugalna sisaljka, 4. hidraulična turbina, 5. zupčani prijenos, 6. odzivni ležaj, 7. osovina brodskog vijka

riavanje DM. — Pokretanje (upućivanje) DM vrši se s pomoću komprimiranog zraka, koji se iz čeličnih boca (gdje se nalazi pod tlakom od nekoliko desetaka atmosfera) pušta kroz posebne ventile u cilindre tako, da prvih par okretaja DM radi kao SPS, no mjesto parom sa zrakom. Pokrenuti DM dobije tada gorivo i počinje sam raditi. Prekretanje DM vrši se izmijenjenim dovodom goriva u cilindre tako, što se izmijeni otvaranje ventila na pojedinim cilindrima, kroz koje se dovode gorivo i zrak, odnosno odvođe plinovi sagorijevanja iz cilindra.

U slučajevima, kad treba na jednom brodskom vijku imati veće snage, treba više DM raditi na jedan vijak. Kako DM rade nejednako, moraju se između svakoga DM i zupčanika na osovini vijka postaviti hidrauličke kopče (Vulkan, po principu Föttingera, sl. 12). Hidraulička kopča je u principu centrifugalna sisaljka, tj. rana od DM, i hidraulička turbina spojena sa zupčanicom, koji zahvata u zupčanik osovine brodskog vijka. Uvede li se u takvu kopču tekućina (ulje), tjera centrifugalna sisaljka ulje u hidrauličku turbinu, i ona se okreće to većim brojem okretaja, što je kod jednakog broja okretaja DM, odnosno centrifugalne sisaljke, veća količina tekućine u kopči; kad je kopča puna ulja, okreće se hidraulička turbina samo za par okretaja polaganije od centrifugalne sisaljke, odnosno DM. Sve nejednolikosti u radu zajedno spojenih DM guše se u elastičnim udarcima tekućine između sisaljke i turbine.

V. Medusobna kombinacija navedenih GBS rijetka je, ali postoji. U zadnje vrijeme se (po Bauer-Wachu) pri-

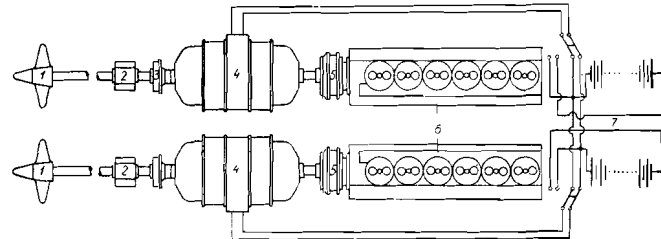


Sl. 13. SHEMA KOMBINACIJE STAPNOG PARNOG STROJA S PARNOM TURBINOM

1. Osovina vijka, 2. odzivni ležaj, 3. zupčani prijenos, 4. izlaz pare u kondenzator, 5. hidraulična kopča, 6. ispušna turbina, 7. razvodnik CNT, 8. CNT, 9. osovina stapnog parnog stroja

ključuje PT na SPS; PT radi s ispušnom parom, koja izlazi iz SPS; PT je na osovinu SPS priključena preko hidrauličke kopče i zupčanika (sl. 13). Ovakva kombinacija vrlo je podesna za snage oko 1000 KS, jer SPS radi ekonomično kod malenih, a PT kod velikih brzina (t. j. opterećenja) tako, da je ukupni stupanj djelovanja uvijek jednako povoljan.

Na jednom ratnom brodu s PT priključeni su za marš-vožnju (krstarenje) na osovine brodskih vijaka manji DM. Time se smanjuje potrošak goriva, jer su ovi marš-DM potpuno opterećeni te iskorišćavaju gorivo mnogo bolje nego PT, koja kod malih opterećenja pri marš-vožnji radi vrlo neekonomično; na taj način se povećava put



Sl. 14. SHEMA DIESEL-AKUMULATORSKO-ELEKTRIČNOG POGONA PODMORNICA

1. Brodski vijak, 2. odzivni ležaj, 3. i 5. kopče, 4. elektromotori-generatori, 6. Dieselovi motori, 7. akumulatorske baterije