

Hidrodinamičke spojke podesne su i za manevriranje brodom. Prilikom uplovljavanja ili isplavljanja broda uputi se jedan od prekretnih dizel-motora koji pokreću propeler tako da se trajno okreće u smislu »naprijed«, a drugi tako da se trajno okreće u smislu »krmom«. Punjenjem jedne ili druge spojke okretat će se propeler u odgovarajućem smislu, te brod vozi, prema potrebi, naprijed ili krmom, a da pri tome ne treba motore prekretati (v. sl. 8). Ovakvo manevriranje povećava trajnost dizel-motora, naročito onih koji bi se morali često prekretati.

Elektromagnetske spojke sastoje se od motorom pokretanog rotora s magnetima koji stvaraju magnetsko polje. Rotor je uložen u vijenac koji predstavlja kotvu u kojoj se zatvara magnetsko polje rotora. Moment vrtnje prenosi magnetsko polje, u kojem se prigušuju nejednolikosti okretnog momenta motora, te se vijenac, spojen s osovinskim vodom, okreće konstantnom brzinom. Uključivanjem otpora u strujni krug namotaja kotve može se regulirati skliz.

Vibracije osovinskog voda imaju znatan utjecaj na pogon. Donedavna su bile u osovinskom vodu poznate samo torzijske vibracije, a primjenom dizel-motora snage preko 10 000 KS pojavile su se i longitudinalne vibracije.

Torzijske vibracije nastaju uslijed fluktuacija razlike zakretnog momenta propulzijskog stroja na prednjoj strani osovinskog voda i momenta propelera na kraju osovinskog voda, te uslijed elastičnosti materijala osovine. U osovinskim vodovima pokretanim starnim parnim strojevima i dizel-motorima torzijske vibracije nastupaju lakše i češće nego pri pogonu toplinskim turbinama.

Za svaki osovinski vod snage veće od 100 KS potrebno je izračunati torzijske vibracije i s njima vezane dodatne napone dijelova osovinskog voda. U osovinski vod pokretan starnim parnim strojevima ili dizel-motorima treba uračunati i koljenaste osovine strojeva. Kad naponi prelaze dozvoljene, klasifikaciona društva zabranjuju, u potpunosti ili djelomično, vožnju u onom području broja okretnja u kojem se pojave toliki naponi. To su tzv. *kritični brojevi okretnja*. Ako osovinski vod duže vrijeme radi u režimu kritičnih brojeva okretnja, može doći do lomova u pojedinim dijelovima osovinskog voda.

Na osovinskom vodu završenog broda snimaju se torzijske vibracije torziografom. Time se kontrolira proračun i određe stvarni kritični brojevi okretnja.

Kritični brojevi okretnja mogu se mijenjati promjenom promjera osovinskog voda (na završenom brodu praktički neprovjedivo), promjenom zamašnjaka, ugradnjom elastičnih spojka za prigušivanje ili ugradnjom prigušivača torzijskih vibracija (Holset-prigušivača) na pramčani dio koljenaste osovine dizel-motora.

Longitudinalne vibracije nastaju uslijed poprečnih sila kojima pritisak u cilindrima motora (snage 1500 KS po cilindru i više) djeluje na osnu koljena te ih u uzdužnom smjeru širi, kao i uslijed promjena porivne sile propelera za vrijeme jednog okretnja. Budući da se prvi uzročnik ovih oscilacija (broj cilindara i snaga po cilindru) ne može ukloniti, pokušavaju se te vibracije smanjiti promjenom broja i uspona krila propelera, odnosno, ukoliko je broj krila propelera i broj cilindara motora jednak, zakretanjem propelera na osovinu u takav položaj da sinhronizirani impuls krila s impulsima sile koje proizvode cilindri motora bude što manji. Od ovih vibracija trpe odrivni ležaji koji preuzimaju aksijalnu silu, jer se aksijalna sila često mijenja kad se pojave ovakve vibracije.

M. Mikulić

PROJEKTIRANJE BRODA

Projektiranjem se smatra sav posao (proračuni, nacrta, opisi) oko određivanja karakteristika i elemenata broda.

Proces projektiranja počinje postavljanjem projektnog zadataka, a nastavlja se razradom preprojekta i zatim projekta, koji se produžuje razradom konstruktivnih, radnih i drugih nacrta, proračuna, opisa i specifikacija. Teško je povući granicu među pojedinim fazama projektiranja; one prelaze i zadiru jedna u drugu.

Trgovački brod služi prevozu robe ili putnika. Pojedine se funkcije broda tokom njegova trajanja mijenjaju već prema ekonomskim, komercijalnim i tehničkim prilikama. U brod su uložena velika novčana sredstva; to je razlog da se nastoji produžiti

njegov život što je moguće više; u nekim slučajevima brod traje 15, u drugim 25, a u nekim i preko 50 godina — što ovisi o raznim faktorima. Dobro projektiran brod treba da zadovoljava i uz promjene u uvjetima rada koje su neminovne u tako dugom vremenskom periodu.

Brodovi koji su namijenjeni samo jednoj funkciji (što je rijedak slučaj) treba da je obavljaju s visokim stupnjem iskoristivosti. Brod namijenjen obavljanju većeg broja različnih funkcija jeftiniji je u gradnji i eksplotaciji od većeg broja brodova od kojih je svaki namijenjen obavljanju samo jedne funkcije, ali je jasno da je on manje pogodan za obavljanje svake pojedine od tih funkcija. Kad se projektira brod namijenjen obavljanju više različnih funkcija, treba uočiti koje su važnije, primarne, a koje manje važne, sekundarne. Pri rješavanju zadatka treba nastojati da brod zadovoljava u potpunosti primarnu funkciju, a sekundarne toliko da to ne smeta obavljanju njegove glavne funkcije.

Težina, nosivost i zapremnina broda. Ukupna težina (zapravo masa) broda se dijeli na vlastitu težinu (masu) i na nosivost. *Vlastita težina* broda je težina potpuno opremljenog broda, bez goriva, maziva i zaliha hrane i vode, ali je u nju uključena težina vode u kotlovinama, kondenzatoru i cijevnim vodovima pogonskog postrojenja, kao i težina rezervnih dijelova stroja. *Nosivost broda* (deadweight) DW dijeli se na korisnu nosivost i posrednu nosivost. Korisna nosivost obuhvata težine za koje se plaća vozarina, tj. teret, putnike i njihov prtljag. Posredna nosivost obuhvata težine za koje se ne plaća vozarina, ali su neophodne za funkcioniranje broda, a to su: gorivo, mazivo, hrana, pitka voda, kotlovnica i sanitarna voda u tankovima, brodski potrošni materijal, posada i prtljaga posade.

Stepen nosivosti η_{DW} je omjer između nosivosti broda i istisnine: $\eta_{DW} = DW/A$. Stepen nosivosti služi pri projektiranju broda i jedno je od mjerila iskoristivosti broda.

Zapremnina broda je unutrašnji raspoloživi prostor broda u koji se može smjestiti neki teret. Zapremnina se mjeri registarskim tonama RT. Registarska tona je volumenska mjera a iznosi 100 kubnih stopa ili 2,832 m³. Zapremnina broda se određuje raznim međunarodnim propisima o baždarenju broda, a dijeli se na bruto tonažu BRT i neto tonažu NRT (v. *Baždarenje broda*).

Specifična prostornost tereta je volumen potreban da se smjesti težina od 1 t ili ts nekog tereta. Izražava se obično u kubnim metrima po toni ili kubnim stopama po tonsu težine. *Sposobnost krcanja* broda je omjer volumena brodskih skladišta i potrebnog prostora za robu koju treba prevoziti. Sposobnost krcanja ovisi o specifičnoj prostornosti tereta.

Projektni zadatak. Projektiranje počinje projektnim zadatakom, koji sadrži: glavnu funkciju (ili funkcije) broda; pomoćne funkcije; brzinu na pokusnim vožnjama (maksimalnu) i prosječnu brzinu potpuno natovarenog broda u službi; potrebeni akcijski radijus; područje plovidbe i trajanje zadržavanja u lukama; zahtijevanu količinu i vrste tereta; eventualna ograničenja dimenzija (gaza, dužine), istisnine ili cijene; posebne zahtjeve ili ograničenja u vezi s propisima i zakonima ili s ličnim željama brodovlasnika. Uz navedene zahtjeve u zadatu je obično određena i vrsta pogonskih strojeva. Jasan i tačno određen projektni zadatak prvi je preduvjet dobrog projekta, pa stoga projektni zadatak treba da postavi dobar stručnjak kojemu su poznati uvjeti rada budućeg broda.

Prva je dužnost projektanta da odredi istisninu, dimenzije i koeficijente forme broda, stabilitet za razne uvjete krcanja i propulzivna svojstva broda, a zatim da razradi generalni plan broda, glavne konstruktivne nacrte, opise i specifikacije. Kompletan projekt obuhvata još i raspored prostora, tip konstrukcije trupa, vrstu, broj i snagu glavnih i pomoćnih brodskih strojeva, sisteme za razvod tekućina, plinova i električne energije, kao i opremu za navigaciju, za nastambe, za krcanje, kormilarenje, privez i sl.

Time se uglavnom završava kreativni dio posla. Preprojekt mora sadržavati sve podatke potrebne iskusnom brodograditelju da bi mogao odrediti troškove i potrebno vrijeme gradnje broda, a ujedno pružiti naručitelju jasnu sliku o budućem brodu. Na osnovu preprojekta razraduje se ponuda, poslije koje se eventualno sklapa ugovor o gradnji (narudžba) broda.

Grupiranje težinâ (raščlanjivanje broda). Istinsna ovisi o zahtijevanim kapacitetima i funkcijama broda, a jednaka je sumi svih brodskih težina. Pouzdanu procjenu težina komplirano objekta poput broda omogućava raščlanjivanje svih težina u grupe, podgrupe, članke, itd. Raščlanjivanje broda može se provesti na razne načine. Teži se takvom raščlanjivanju težina i troškova izgrađenih brodova da se ono može koristiti već u stadijima razrade pretpredmeta novog broda.

Pri raščlanjivanju trgovackih brodova težine se obično grupiraju ovako: P_1 — trup, oprema, uredaji, palubni strojevi; P_2 — glavni pogonski i pomoći strojevi; P_3 — gorivo; P_4 — posada, efektivi, hrana i voda; P_5 — koristan teret + rezerva.

U početku se teži tome da broj grupe bude što manji, pa se težine $P_3 + P_4 + P_5$ uzimaju zajedno kao ukupna nosivost broda ili DW (deadweight), tako da je konačna jednadžba istinsine i težina:

$$A = P_1 + P_2 + DW \quad (1)$$

Teretri brodovi služe za prevoz tereta pa se njihova iskoristivost izražava omjerom ukupne nosivosti naprama istinsini: $\eta_{DW} = DW/A$. Uz istu brzinu i istinsnu bolji brod ima ovaj omjer veći, odnosno, uz istu nosivost bolji brod ima manju istinsnu — zbog manjih težina trupa, opreme i strojeva.

Brodovi, njihove karakteristike i težine najčešće i najradije se usporeduju na bazi geometrijske sličnosti, tj. prepostavi se da je omjer svih odgovarajućih linearnih dimenzija uspoređenih brodova konstanta (mjerilo λ); omjer odgovarajućih površina jednak je, prema tome, kvadratu, a odgovarajućih volumena (i težina) kubu mjerila.

Težine konstrukcije brodskog trupa sličnih brodova različite veličine neće stajati u istom omjeru kao istinsine. Omjer dužina i širina pojedinog konstruktivnog elementa sličnih brodova bit će jednak mjerilu, ali odnos debljina redovno neće biti jednak mjerilu. Debljine se dobrog dijela konstruktivnih elemenata određuju ne samo u vezi s opterećenjem i dozvoljenim naprezanjem već se s obzirom na koroziju uzimaju veće. Opasnost je od korozije za sve brodove podjednaka, pa se debljine nekih konstruktivnih elemenata ne mijenjaju s veličinom broda. Prema tome može se zaključiti da težina trupa P_1 raste s dimenzijom broda sporije nego istinsina A . Zbog toga veći brod ima manji omjer težine trupa naprama istinsini nego manji brod:

$$(P_1/A)_v < (P_1/A)_m.$$

Pri analizi težinâ pogonskih uredaja P_2 sličnih brodova može se poći od pretpostavke da su tipovi strojeva jednaki pa da će i težine pogonskih uredaja po jedinici snage biti jednake (premda je sigurno težina jačeg uredaja po jedinici snage manja). Ako se, radi jednostavnijeg računa, uzme da obe broda imaju i jednak koeficijent ukupne propulzije η_D , proizlazi da su težine pogonskih uredaja proporcionalne snagama strojeva P_B , a ove opet, prema pretpostavkama, proporcionalne snagama otpora P_E .

U slučaju da i veći i manji brod imaju istu apsolutnu brzinu V , njihove snage otpora P_E proporcionalne su ukupnim otporima brodova R_T . Na osnovu zakona o otporu broda može se dokazati da pri istoj apsolutnoj brzini V veći od dva slična broda ima manji specifični otpor R_T/A , pa će veći brod imati manju snagu i manju težinu pogonskog uredaja po toni istinsine, a zato i veći stepen ukupne nosivosti η_{DW} .

Do sličnog zaključka dolazi se i u slučaju da brodovi nemaju istu apsolutnu brzinu V , ali plove istim relativnim brzinama, tj. ako im je Froudeov broj ($Fr = V/\sqrt{g L}$) jednak.

Prema tome, u obe slučaju veći brod ima bolji stepen ukupne nosivosti η_{DW} . Veći brod ima relativno manju težinu trupa i pogonskih strojeva, njegovi su troškovi gradnje po toni nosivosti ili istinsne niži, a pri istoj ili nešto većoj brzini ima i manji potrošak goriva po toni istinsine, pa su i troškovi eksploatacije po toni nosivosti niži. To je razlog s koga se u posljednje vrijeme grade sve veći i veći brodovi, a problem je samo da se tim velikim brodovima osigura stalno dovoljno tereta.

Utjecaj veličine broda na troškove eksploatacije. Za kvalitet broda postoji nekoliko mjerila. Prema jednom kriteriju najbolji je onaj brod koji uz najmanju istinsinu zadovoljava sve tražene uvjete, jer je to brod najvećeg omjera $\eta_{DW} = DW/A$. Prema drugom kriteriju najbolji je onaj brod koji ima najniže

operativne troškove i koji, uz dane prilike na tržištu, najviše zaraduje. Normalno je brod najmanje istinsine ili najvećeg stepena nosivosti η_{DW} ujedno i brod najnižih operativnih troškova. Operativni troškovi sadrže sve troškove broda: gorivo, plaće posade, uzdržavanje broda, lučke takse, pilotažu, amortizaciju, kamate na uloženi kapital, osiguranje, troškove uprave, itd. Veći brod ima veće troškove uzdržavanja i veće operativne troškove. Da bi se mogli usporediti eksploatacijski troškovi dvaju brodova različitih veličina, treba ih svesti na neko zajedničko mjerilo. Dobro je mjerilo omjer između troškova i kapaciteta prevoza. Najjednostavnije je usporediti flotu manjeg broja većih brodova sa flotom većeg broja manjih brodova iste nosivosti i brzine.

Flota većih brodova imat će manje troškove gradnje po toni istinsine, za istu će joj brzinu biti potrebna i manja snaga strojeva po toni istinsine P_B/A , zato je potrošak goriva ove flote manji, a manji je i omjer težinâ trupa i strojeva naprama istinsini ($P_1 + P_2)/A$. Za istu ukupnu nosivost i brzinu bit će istinsina flote većih brodova manja, a manja će biti i ukupna ugrađena snaga pogonskih strojeva, pa je stoga veći omjer ukupne nosivosti naprama istinsini DW/A . O veličini troškova gradnje ovisi visina amortizacije, kamata, osiguranja a možda i još nekih troškova. Svi su ovi troškovi za flotu velikih brodova manji. Flota većeg broja manjih brodova ima veće vlastite težine ($P_1 + P_2$), pa uz opravданu pretpostavku jednakog trajanja brodova obiju flote može se zaključiti da će pri kasiraju (prodaji kao staro željezo) biti vrijednost flote malih brodova nešto veća.

Flota sastavljena od većeg broja manjih brodova imat će veću posadu pa će i troškovi za plaće i opskrbu posada ove flote biti veći. Troškovi dokovanja i bojudisanja proporcionalni su istinsini ili težini brodova. Oboje je za flote većih brodova niže. Uzdržavanje je strojeva proporcionalno njihovoj snazi pa je i ono za veće brodove jeftinije. Može se uzeti da su troškovi osiguranja proporcionalni nosivosti, tj. da su za obje flote jednak.

Na osnovu ovog razmatranja proizlazi, uz pretpostavku jednakog brzine plovivbe, da flota sastavljena od manjeg broja većih brodova ima manje operativne troškove.

Osim o veličini broda, operativni troškovi ovise i o brzini broda. Za eksploataciju nije presudna maksimalna brzina broda postignuta na pokusnim vožnjama, već je važna brzina broda u službi, uz prosječne vremenske prilike i s obraslonom oplatom.

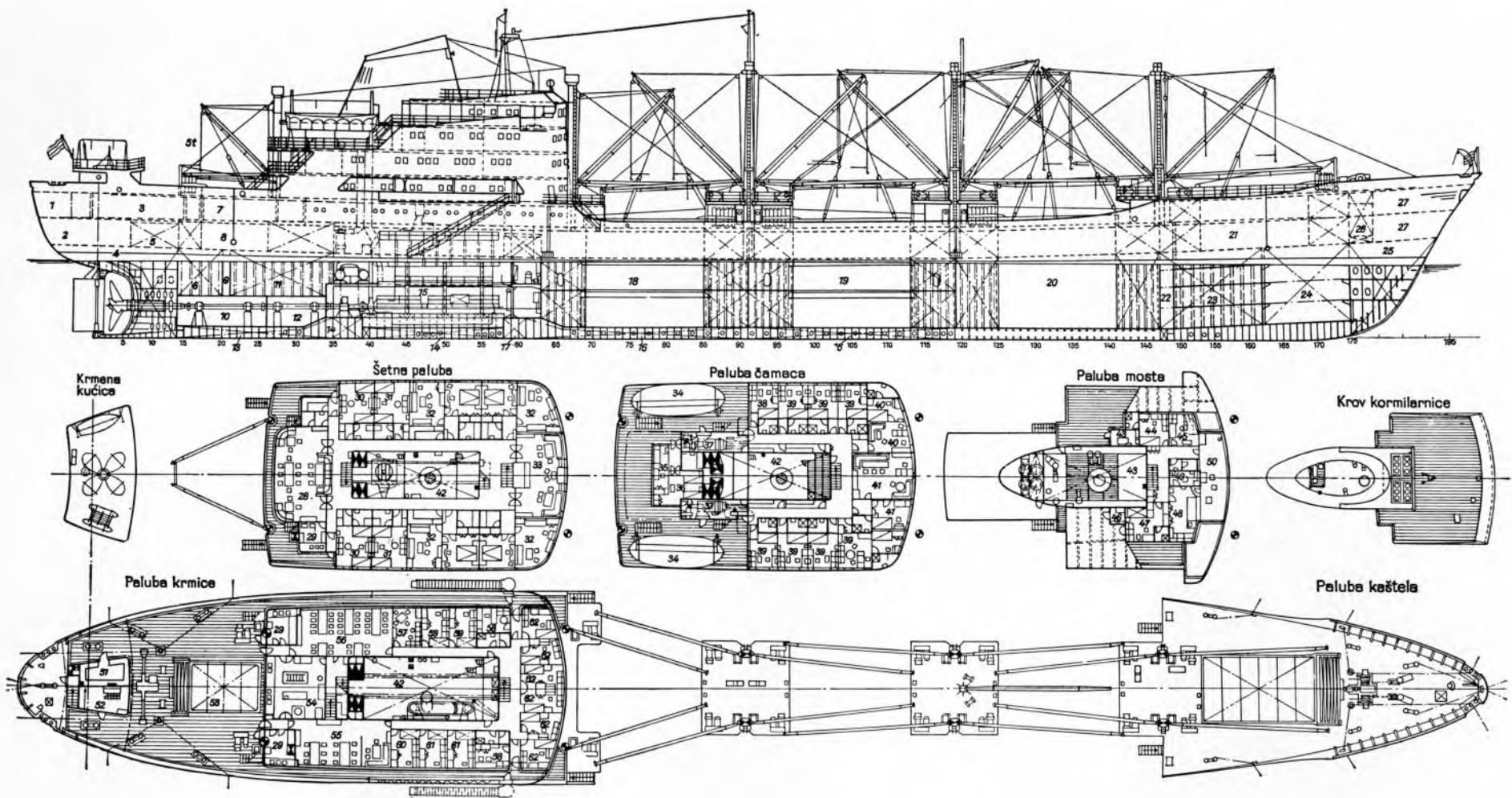
Smatra se da brod u službi treba da održava zahtijevanu brzinu sa 80% maksimalne snage strojeva.

Veća brzina uz istu nosivost može se postići samo ako se poveća i istinsina. Veća brzina traži veću snagu strojeva, dakle i veću njihovu težinu, a ujedno je potrebna i veća količina goriva za istu dužinu putovanja.

U području brzina trgovackih brodova snage su strojeva proporcionalne kubu brzine. Trajanje se putovanja skraćuje linearno s brzinom. Potrošak je goriva jednak produktu snage i vremena, pa je, prema tome, potrošak goriva proporcionalan kvadrat brzine. Međutim, proporcionalno brzini ne raste broj putovanja, jer taj broj ovisi i o trajanju zadržavanja broda u lukama. Veća brzina znači veće troškove, ali će brži brod privući više tereta i boljeg tereta, pa će moći naplatiti veće vozarine. Osim toga može se računati da će on na svakom putovanju biti natočen većim teretom i time bolje iskorišten. Poslije Drugoga svjetskog rata postoji opća tendencija porasta i apsolutnih i relativnih brzina trgovackih brodova.

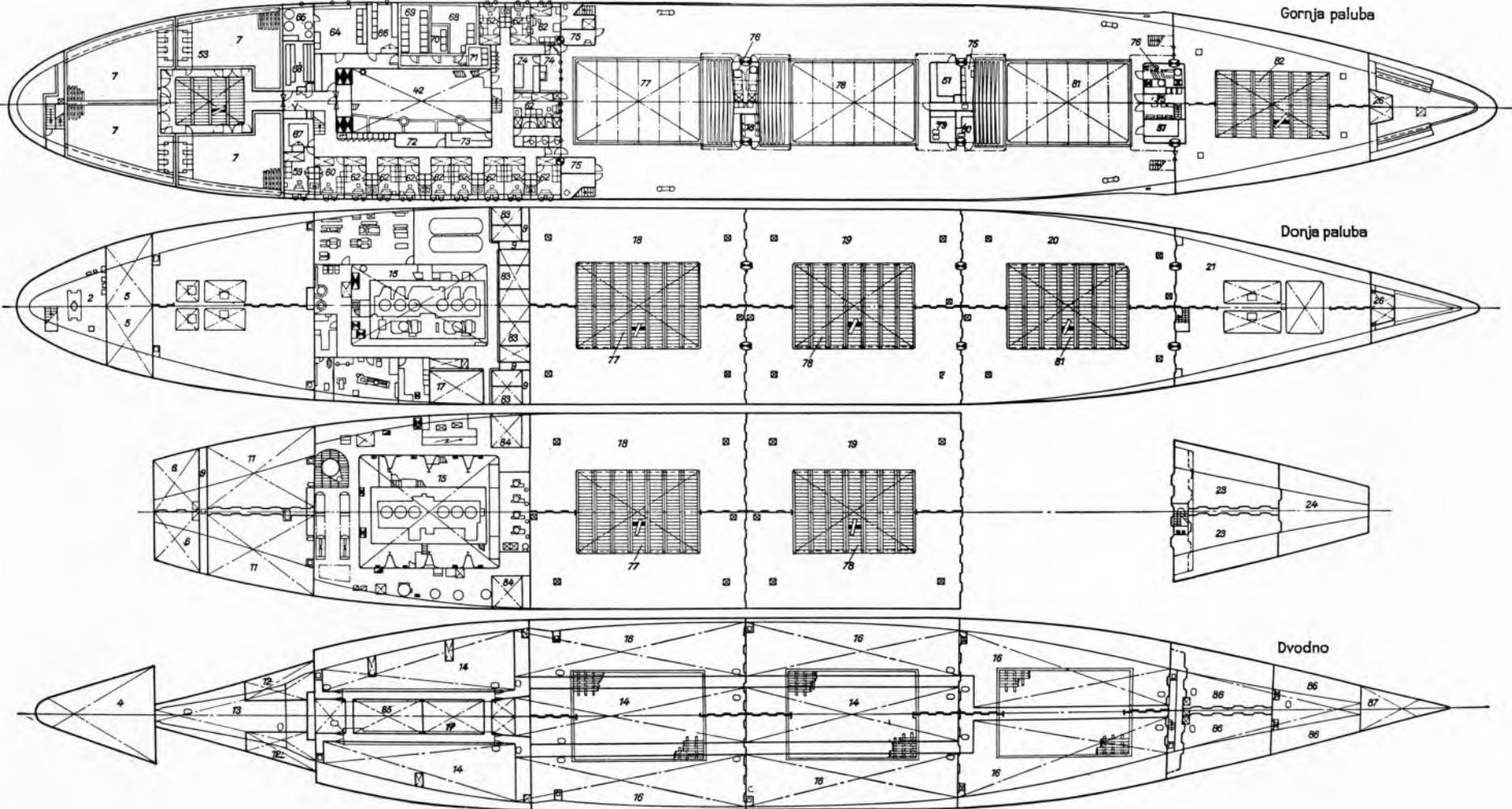
Naročito se nastoji povećati »brzina broda u luci«, tj. što više skratiti vrijeme zadržavanja broda u luci. Za razliku od povećanja brzine plovivbe, povećanje brzine broda u luci ne zahtijeva povećanje istinsine broda, pa stoga ne smanjuje stepen nosivosti, ali zbog primjene savršenijih brodskih i lučkih uredaja za krcanje tereta može uzrokovati veće troškove za operativni brod i veće lučke takse.

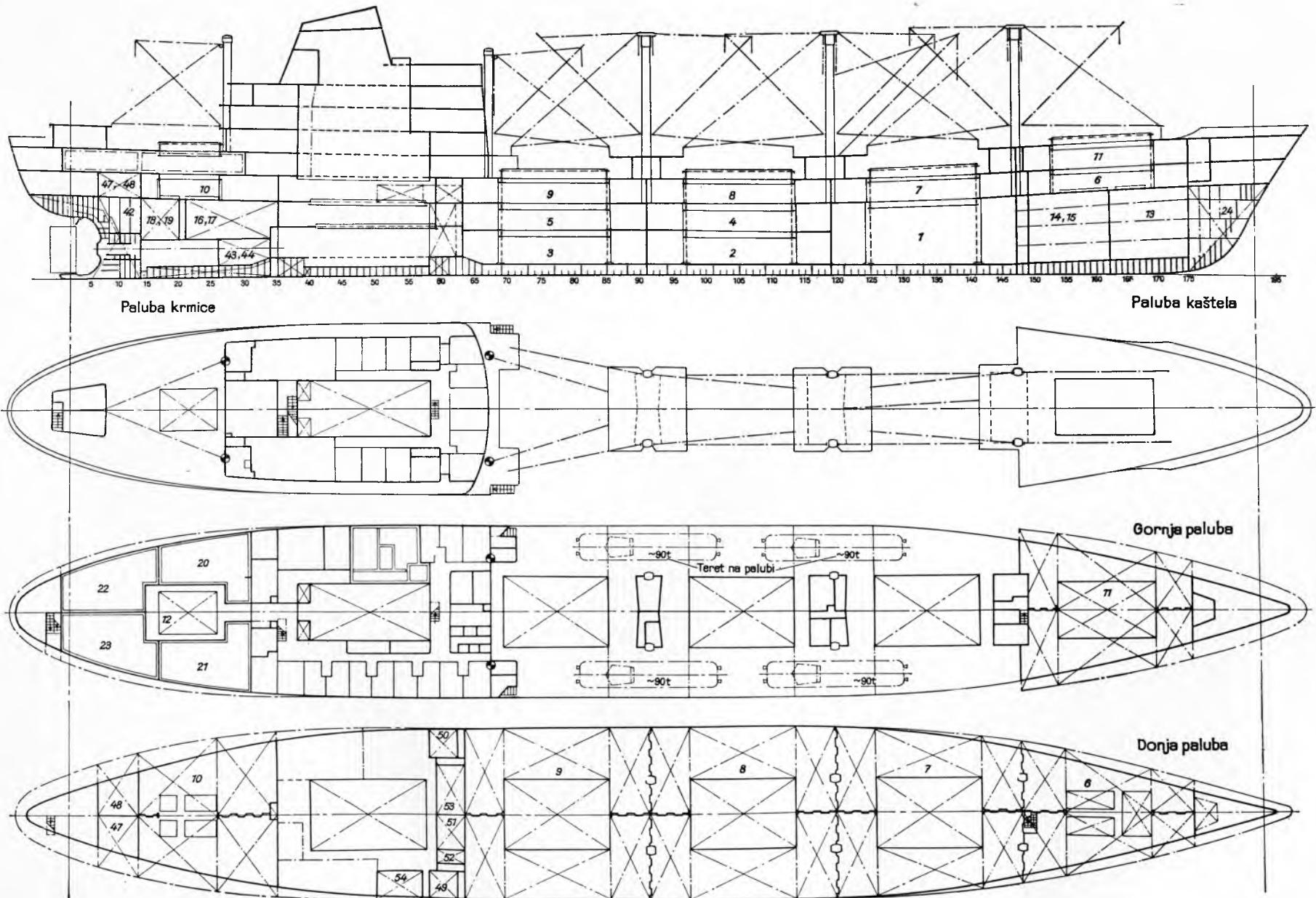
Danas redovno brodovlasnik postavlja jedino zahtjev ukupne nosivosti broda DW, pa težina goriva ide na račun korisne nosivosti. Naravno da treba predvidjeti dovoljno velike tankove za maksimalnu potrebnu količinu goriva, ali na svakom pojedinom putovanju komanda broda računa isplati li se uzeti dovoljno goriva za čitavo putovanje u jednoj luci gdje je gorivo najjeftinije, i ponijeti manju težinu korisnog tereta, ili krcati gorivo na dva ili više mjesta, a ukrcati više korisnog tereta. (To važi



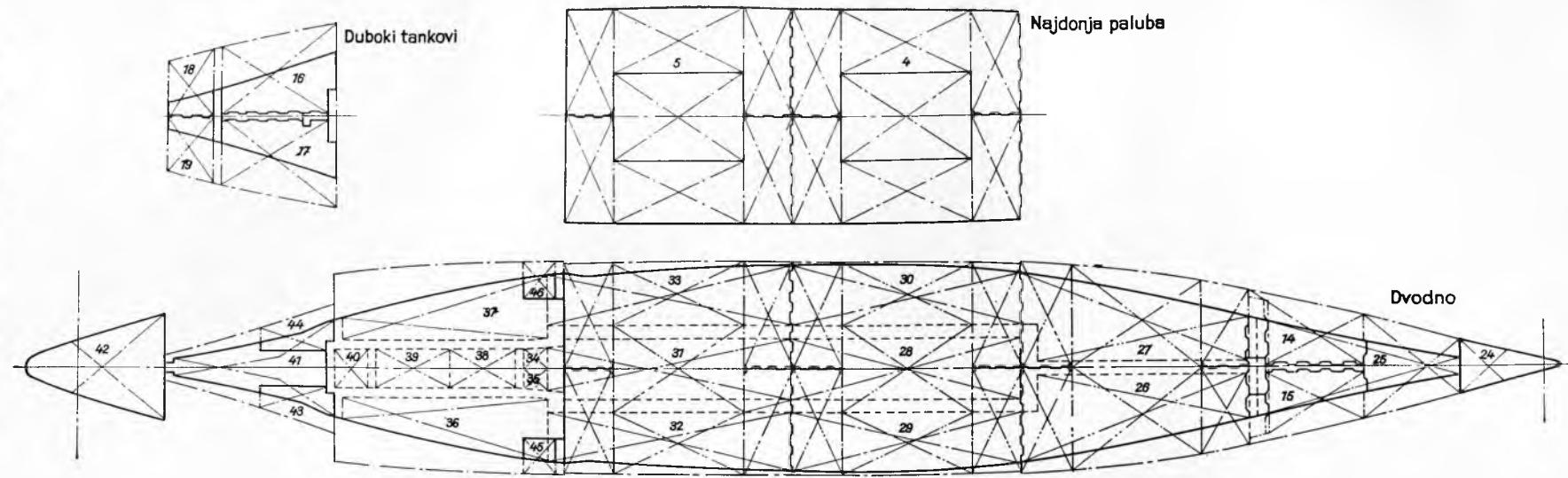
Sl. 1. Generalni plan motornog broda »Ljubljana« izgrađenog u brodogradilištu »Ulijanik« u Puli za »Splošnu plovbu« u Piranu. (Strojarnica vidi str. 340, krijuvjle poluga stabiliteta vidi str. 177). Glavne dimenzije: L_{ob} 148,435 m, L_{pn} 135,000 m, H do gornje palube 11,005 m, H do donje palube 8,186 m, T 8,020 m, nosivost 8740 t DW, snaga glavnog stroja 9000 BHP sa 115 okr./min, brzina u službi 17 čv, 8672,88 BRT, 4884,54 NRT. 1 spremište, 2 kormilarski stroj, 3 krmene međupalubje, 4 krmeni pik (balastna voda), 5 svježa voda, 6 duboki tank br. 6 i 7, 7 skladište hladenog tereta, 8 skladište br. 5, 9 koferdam, 10 reces, 11 duboki tank br. 4 i 5, 12 bočni tank, 13 tank u dvodnu (svježa voda), 14 tank u dvodnu (gorivo), 15 strojarnica, 16 tank u dvodnu (gorivo ili balast), 17 tank ulja za podmazivanje, 18 skladište br. 4, 19 skladište br. 3, 20 skladište br. 2, 21 skladište br. 1, 22 pumpna stanica, 23 duboki tank br. 2 i 3, 24 duboki tank br. 1, 25 pramčani pik, 26 lančanik, 27 spremište, 28 putnička blagovaonica, 29 smonočica, 30 asistenti stroja, 31 putnička kabina, 32 putnički apartman, 33 salon, 34 čamac za spasavanje (80 osoba), 35 ambulanta, 36 bolnica, 37 klima-uređaj, 38 kabina liječnika, 39 kabina oficira, 40 apartman upravitelja stroja

41 apartman kapetana, 42 grotlište strojarnice, 43 pomoći uredaji, 44 kabina radiotelegrafista, 45 radio-stanica, 46 akumulatori, 47 kabina za peljare, 48 navigacijska kabina, 49 giro-kompas, 50 kormilarnica, 51 spremište palube, 52 stolarska radionica, 53 grotlo br. 5, 54 kuhinja, 55 blagovaonica oficira, 56 blagovaonica posade, 57 društvena prostorija, 58 ured, 59 kabina konobara, 60 kabina kuvara, 61 kabina kadeta, 62 kabina posade, 63 CO₂-stanica, 64 spremište hrane, 65 spremište vina, 66 spremište krumpira, 67 carinsko spremište, 68 hladnjaka za meso, 69 hladnjaka za povrće, 70 hladnjaka za ribu, 71 hladnjaka za jaja, 72 spremište kišnih kabаницa, 73 spremište posteljine, 74 praočnice rublja, 75 pribor za vitla, 76 ventilatorske stanice, 77 grotlo br. 4, 78 grotlo br. 3, 79 spremište boja, 80 spremište svjetiljki, 81 grotlo br. 2, 82 grotlo br. 1, 83 dnevni tank goriva, 84 taložni tank goriva, 85 cirkulacijski tank u dvodnu, 86 balastni tank u dvodnu, 87 pramčani pik.





Sl. 2. Plan kapaciteta motornog broda »Ljubljana«



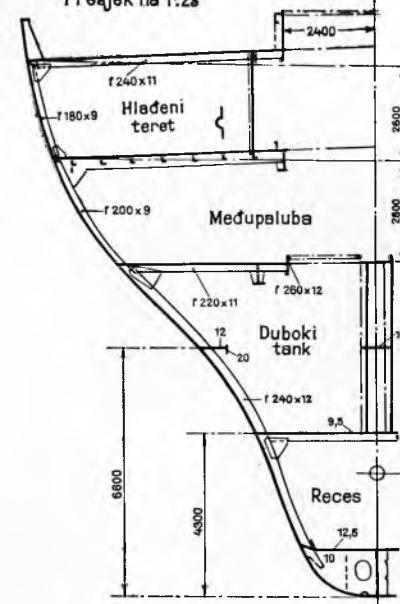
KAPACITET SKLADIŠTA

Prostor	Žito					Bale				
	Među rebrima	Volumen, m³	Volumen, ft³	Udaljenost težišta, m		Volumen, m³	Volumen, ft³	Udaljenost težišta, m		
				od krmene okomice	od osnovke			od krmene okomice	od osnovke	
1 Skladište br. 2	119...147	2 506,200	88 518,984	96,805	5,050	2 270,000	80 176,400	96,805	4,970	
2 Skladište br. 3	91...119	1 611,340	56 912,529	76,270	3,115	1 453,840	51 349,629	76,270	3,005	
3 Skladište br. 4	63...91	1 487,260	52 530,023	55,440	3,118	1 334,580	47 137,366	55,440	3,008	
4 Donje medupalublje br. 3	91...119	1 342,608	47 420,915	76,439	6,625	1 203,808	42 518,499	76,439	6,572	
5 Donje medupalublje br. 4	63...91	1 314,500	46 428,140	55,300	6,630	1 179,500	41 659,940	55,300	6,550	
6 Gornje medupalublje br. 1	147...175	597,867	21 116,662	116,195	10,940	518,267	18 305,190	116,195	10,860	
7 Gornje medupalublje br. 2	119...147	1 233,330	43 561,216	97,256	10,340	1 155,860	40 824,975	97,256	10,260	
8 Gornje medupalublje br. 3	91...119	1 357,400	47 943,368	76,340	9,960	1 271,700	44 919,976	76,340	9,880	
9 Gornje medupalublje br. 4	63...91	1 353,040	47 789,373	55,350	9,926	1 269,350	44 833,442	55,350	9,846	
10 Gornje medupalublje br. 5	14...35	731,400	25 833,048	16,390	10,410	659,550	23 295,306	16,390	10,330	
11 Pramčano medupalublje	147...175	725,200	25 614,064	116,870	13,930	650,700	22 982,724	116,870	13,820	
12 Krmeno medupalublje	15...31	198,057	6 995,373	13,863	13,603	198,057	6 995,373	13,863	13,603	
Ukupno generalni teret		14 458,202	510 663,695			13 165,312	464 998,820			
13 Duboki tank br. 1	162...175	363,000	12 821,160	122,125	6,410	225,500	7 964,660	122,125	6,310	
14 Duboki tank br. 2	147...162	361,000	12 397,320	113,008	5,930	300,000	10 596,000	113,008	5,930	
15 Duboki tank br. 3	147...162	340,000	12 008,800	113,140	5,913	290,000	10 242,800	113,140	5,913	
16 Duboki tank br. 4	21...35	263,250	9 297,990	19,050	6,820	211,800	7 480,776	19,050	6,820	
17 Duboki tank br. 5	21...35	262,000	9 253,840	19,040	6,887	212,050	7 489,606	19,040	6,837	
18 Duboki tank br. 6	14...20	72,000	2 543,040	10,260	7,270	55,000	1 942,600	10,260	7,270	
19 Duboki tank br. 7	14...20	72,000	2 543,040	10,260	7,270	55,000	1 942,600	10,260	7,270	
Ukupno duboki tankovi		1 723,250	60 865,190			1 349,350	47 659,042			
20 Hladeno skladište br. 1	17...31	94,919	3 352,539	16,916	13,093	94,919	3 352,539	16,916	13,093	
21 Hladeno skladište br. 2	17...31	94,919	3 352,539	16,916	13,093	94,919	3 352,539	16,916	13,093	
22 Hladeno skladište br. 3	B...17	127,358	4 498,285	4,880	13,406	127,358	4 498,285	4,880	13,406	
23 Hladeno skladište br. 4	B...17	127,358	4 498,285	4,880	13 406	127,358	4 498,285	4,880	13,406	
Ukupno hlađena skladišta		444,554	15 701,648			444,554	15 701,648			
Kapacitet svih skladišta		16 626,006	587 230,533			14 959,216	528 359,510			

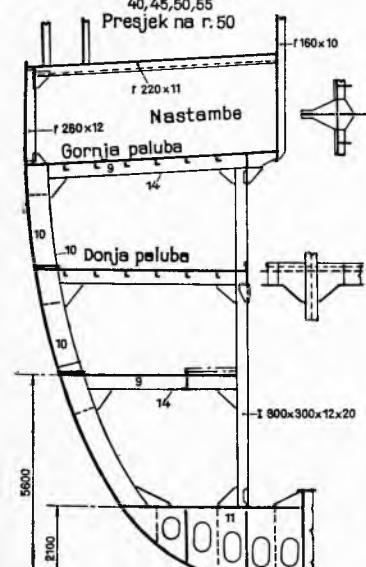
KAPACITET TANKOVA

Prostor	Medu rebrima	Volumen m ³	Udaljenost težišta, m		Kapacitet u tonama od 1000 kg po kubnom metru						
			od krmene okomice	od osnovke	Teško ulje	Dizel-ulje	Mazivo ulje	Balastna voda	Slatka voda	Pojna voda	
24	Pramčani pik	175 →	85,000	130,090	6,730			87,125			
25	Tank dvodna br. 1	148...175	87,400	115,830	0,940			89,585			
26	Tank dvodna br. 2 desni	119...147	120,500	96,300	0,676	112,065		123,513			
27	Tank dvodna br. 2 lijevi	119...147	120,500	96,300	0,676	112,065		123,513			
28	Tank dvodna br. 3	91...119	137,000	76,350	0,610	127,410					
29	Tank dvodna br. 4, desni	91...119	101,500	76,220	0,675	94,595		104,038			
30	Tank dvodna br. 4, lijevi	91...119	101,500	76,220	0,675	94,395		104,038			
31	Tank dvodna br. 5	61...91	155,300	54,170	0,666	144,429					
32	Tank dvodna br. 6, desni	61...91	113,800	54,320	0,765	105,834		116,645			
33	Tank dvodna br. 6, lijevi	61...91	113,800	54,320	0,765	105,834		116,645			
34	Tank dvodna br. 7 a	58...61	8,340	42,255	1,062	7,756					
35	Tank dvodna br. 7 b	58...61	8,340	42,255	1,062	7,756					
36	Tank dvodna br. 8, desni	36...61	125,350	35,790	1,230		109,055				
37	Tank dvodna br. 8, lijevi	36...61	124,300	35,810	1,230		108,141				
38	Tank dvodna br. 9	49...57	22,500	37,350	0,562			20,250			
39	Tank dvodna br. 10	40...49	25,300	30,975	0,562			22,770			
40	Tank dvodna br. 11	35...39	21,570	25,350	1,090						
41	Tank dvodna br. 12	14...35	76,700	18,725	0,832				76,700	21,570	
42	Krmeni pik	←→ 14	142,500	4,540	7,425						
43	Bočni tank, desni	26...35	44,700	20,700	3,080						
44	Bočni tank, lijevi	26...35	44,700	20,700	3,080						
45	Taložni tank, desni	58...62	57,900	42,614	5,420	53,847					
46	Taložni tank, lijevi	58...62	57,900	42,614	5,420	53,847					
47	Tank u krmenom medupalublju, desni	6...14	77,750	5,790	10,769				77,750		
48	Tank u krmenom medupalublju, lijevi	6...14	76,200	5,813	10,740				76,200		
13	Duboki tank br. 1	162...175	363,000	122,250	6,410			372,075			
14	Duboki tank br. 2	147...162	351,000	113,008	5,930			359,775			
15	Duboki tank br. 3	147...162	340,000	113,140	5,913			348,500			
16	Duboki tank br. 4	21...35	263,250	19,050	6,820			269,831			
17	Duboki tank br. 5	21...35	262,000	19,040	6,837			268,550			
18	Duboki tank br. 6	14...20	72,000	10,260	7,270			73,800			
19	Duboki tank br. 7	14...20	72,000	10,260	7,270			73,800			
49	Dnevni tank teškog ulja, desni	58...62	22,700	42,600	9,478	21,111					
50	Dnevni tank teškog ulja, lijevi	58...62	22,700	42,600	9,478	21,111					
51	Dnevni tank dizel-ulja, lijevi	59...63	29,300	43,350	9,573		25,491				
52	Dnevni tank dizel-ulja, desni	59...63	11,400	43,350	9,545		9,918				
53	Tank dizel ulja	59...63	40,750	43,350	9,571		35,453				
54	Glavni tank ulja za podmazivanje	50...57	39,400	37,860	9,550			35,460			
55	Pomoći tank ulja za podmazivanje	43...44	1,200	31,000	7,100			1,080			
56	Tank ulja za podmazivanje	50...54	6,000	35,800	9,600			5,400			
57	Tank ulja za podmazivanje	54...55	1,500	38,700	9,600			1,350			
58	Tank ulja za podmazivanje	40...43	4,000	29,000	6,900			3,600			
Ukupni kapacitet tankova			3952,550			1061,855	288,058	89,910	2869,132	230,650	21,570

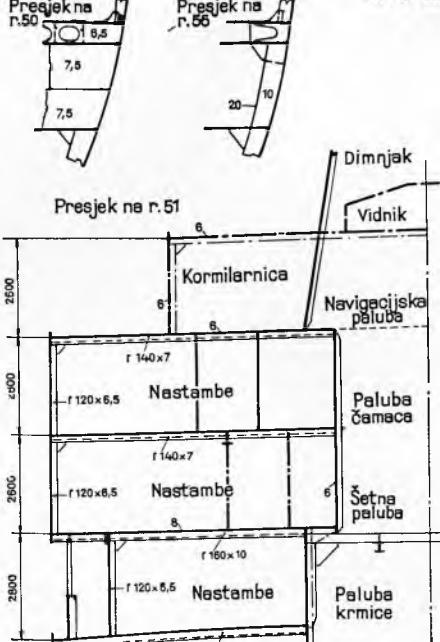
Presjek na r.23



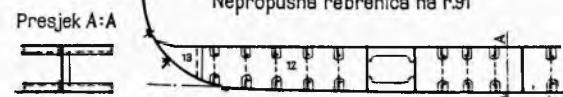
Pojačana rebra



Presek na r.50

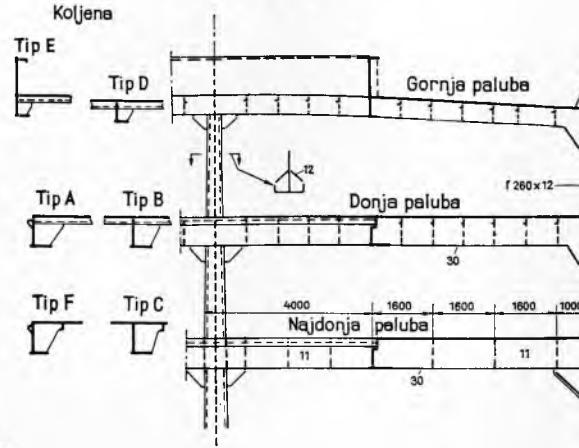


Nepropusna rebrenica na r.97

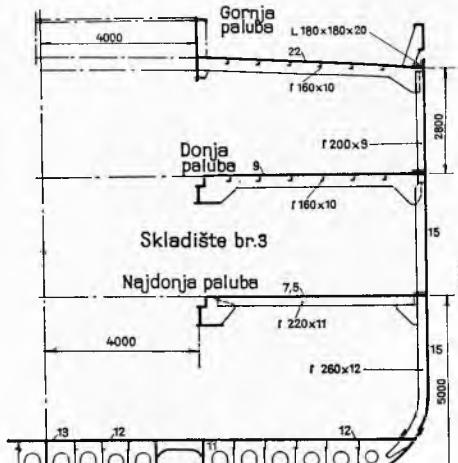


Sl. 3. Glavno rebro motornog broda »Ljubljana«

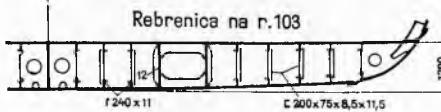
Presjek na r.113



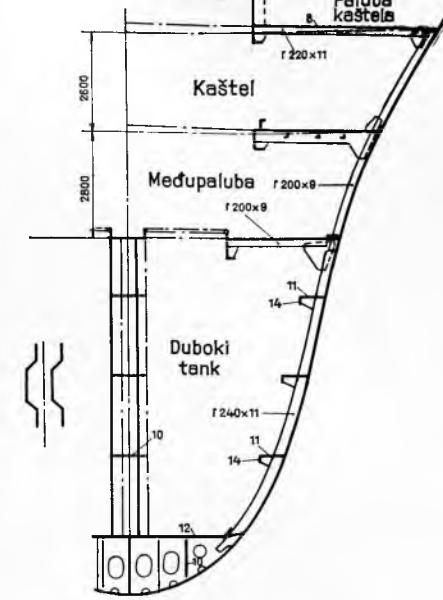
Presjek na r. 101



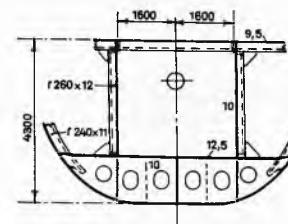
Rebrenica na p.103



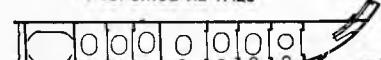
Presiek na r. 158



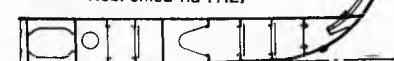
Presjek na r.10



Rebrenica na r.125



Rebronica na s. 127



jedino za trampere; linijski brodovi u pravilu nikada nisu nakrcani do pune nosivosti pa oni bez ikakvih poteškoća mogu krcati gorivo za čitavo putovanje u luci u kojoj je ono najjeftinije.)

Veličina broda ovisi i o potreboj ili predviđenoj veličini skladišnih prostora. Kao mjerilo relativne veličine brodskih skladišta služi *specifična prostornost* koja je omjer između ukupnog volumena skladišnog prostora i korisne nosivosti broda. Specifična prostornost skladišta pokazuje da li je brod graden za lak ili za težak teret.

Ima brodova čija je veličina određena jedino nosivošću. To su brodovi za prevoz rude. Oni imaju prema internacionalnim propisima minimalno dozvoljeno nadvode odnosno maksimalno mogući gaz, a u skladištima previše slobodnog prostora. Može se uzeti da toni istisnine ovih brodova odgovara 1 m³ brodskih skladišta. Za tonu rude dovoljno je oko 0,4 m³ (~ 15 cu. ft.) po toni), zbog čega je prostornost broda dva puta prevelika.

Linijski brodovi trebaju vrlo mnogo skladišnog prostora za smještaj i sortiranje raznovrsnog tereta namijenjenog pojedinim lukama, pa zato imaju preko 70 kubnih stopa skladišnog prostora po toni nosivosti (to je ~ 2 m³ po toni). Znači, veličina je ovih brodova određena potrebnom prostornošću a ne nosivošću, i oni su preveliči za svoju nosivost. Nije im potreban gaz koji im propisi dozvoljavaju, već imaju manji gaz a uslijed toga veće nadvode. Konstrukcija im je manje napregnuta, pa i dimenzije pojedinih konstruktivnih dijelova mogu biti manje. Ovi brodovi bili su dugo poznati pod imenom «nadvodem». Pretežna većina brodova trgovačkih flota ovog je tipa.

Potrebna korisna nosivost ovisi o prilikama na tržištu. Ne može se očekivati da će brod ploviti stalno, na svim putovanjima, potpuno nakrcan. Stvarna potrebna nosivost broda na nekoj pruzi ovisi o maksimalnim i minimalnim količinama tereta koji treba prevesti i o dijelu toga tereta koji bi po računu vjerojatnosti mogao osigurati brod za sebe na pojedinom putovanju. Potrebna veličina broda koja se može rentabilno iskoristiti na nekoj pruzi ovisi o količini robe, o broju putovanja (u stanovitom vremenskom razmaku) i o stepenu nejednolikosti robe raspoložive za prevoz. Brodovi sa stalno neiskorištenim znatnim dijelom nosivosti su nerentabilni.

Prvo prethodno određivanje istisnine. Ako projektirani brod spada u vrstu već ranije gradenih brodova, prouče se karakteristike i odnosi težinskih grupa izgradijenih brodova pa se kao prototip odabere brod koji je najsličniji projektiranom, a čiji su podaci poznati, pa se ti podaci korigiraju prema razlikama između prototipa i projektiranog broda. U slučaju da se projektira nov tip broda kakav ranije nije graden, postupak je nešto komplikiraniji. Jedan je način da se primijeni jednadžba:

$$\Delta = a \cdot \Delta + p_m \cdot \Delta^{2/3} \cdot V^3/C + DW \quad (1)$$

i da se koeficijent težine trupa a , koeficijent težine mašinskog postrojenja p_m , konstanta admiraliteta C i specifični potrošak goriva uzmu prema pouzdanim podacima najsličnijih izgradijenih brodova. U tom je slučaju nesigurnost u procjeni težina projektiranog broda znatno veća, što se redovno odražava u većoj procjenjenoj istisnini. Drugi je način da se neki izgrađeni brod poznatih karakteristika pretvoriti u drugi koji odgovara projektnom zadatu. U prvoj fazi razrade preprojekta treba odrediti istisninu, dimenzije i koeficijente forme projektiranog broda i o njima ovisne grupe težina u prvom približenju. Dimenzije, težine i istisnina su međusobno povezane. Odnos pojedinih dimenzija može se odrediti i bez poznавanja istisnine, ali da se odredi bilo koja dimenzija, potrebno je znati istisninu.

U prvom se približenju procijeni istisnina unutar granica od ± 5%, pa se obično za više različitih istisnina unutar tih granica odredi svaka pojedina težinska grupa. Najbolje odgovara ona istisnina za koju je suma težinskih grupa najbliža predstavljenoj istisnini. Pri slijedećoj procjeni težinu treba ukupnu težinu broda razbiti na veći broj težinskih grupa nego u prvom približenju.

Znatan je broj težina lako odrediti, kao npr. težine zaliha, vode i goriva, koje ovise o broju posade i putnika i o trajanju putovanja. Balast se može u samom početku procijeniti prema nekom drugom brodu. Može se unaprijed uzeti i postotak (ili apsolutna težina) rezervne istisnine, potrebne zbog nesigurnosti, nepouzdanosti i eventualnih grešaka pri određivanju težina pojedinih grupa. Korisna nosivost trgovačkih brodova je zadana,

a vrlo često je zadana i ukupna nosivost DW, pa je u tom slučaju i račun jednostavniji.

U prvom se približnom računu težina trupa izrazi postotkom istisnine:

$$P_1 = a \cdot \Delta. \quad (2)$$

Postotak a uzima se prema prototipu ili iz tablica. Pri izboru prema prototipu treba, vodeći računa o vrsti konstrukcije i opreme prototipa i uvezši u obzir razlike između projektiranog broda i prototipa, pretpostaviti promjene na prototipu potrebne da bi odgovorio zahtjevima projekta, pa tim prepostavljenim promjenama prilagoditi vrijednost koeficijenta a .

U drugom približenju raščlane se težine u veći broj grupa: opłata, dvodno, rebra, pregrade, palube, nadgrađa, oprema za kormilarenje, za krcanje, za sidrenje, za privez, cijevni sistemi, nastavki itd. Svaka od tih težina odredi se posebno prema težinama nekog izgradenog broda, pa se izraze ili u apsolutnim vrijednostima, ili u postotku istisnine, ili u nekoj ovisnosti o glavnim brodskim dimenzijama, i zatim primijene na projekt.

Na prvi pogled ne izgleda da ima razlike između procjene neke grupe težina kao cjeline i procjene grupe razdjeljene u veći broj podgrupa, ako se one provode na isti način. Međutim, kad se grupa razbije u podgrupe i svaka podgrupa razmatra posebno, pri zbrajanju će se vjerojatno ukidati greške učinjene u procjeni pojedinih podgrupa, pa je bolje u ponovnom računu razbijati grupe na što veći broj podgrupa, da bi procjena bila pouzdanija.

Da se odredi težina pogonskog postrojenja P_2 , treba najprije ocijeniti snagu strojeva potrebu da se postigne tražena brzina. Tvornice daju podatke o težinama glavnog pogonskog stroja, čemu još treba dodati težine pomoćnih strojeva, odvoda plinova, osovinskog voda, ležajeva, platforma, podnica, cijevnih vodova i ostale opreme strojnog prostora.

U prvom približenju može se snaga pogonskog stroja odrediti prema formuli admiraliteta, uvezši konstantu admiraliteta C prema prototipu ili nekom sličnom brodu. U drugom približenju može se već poći od ukupnog otpora broda R_t , odnosno snage otpora P_E , pa preko koeficijenta propulzije i gubitaka na osovini doći do potrebne snage strojeva. Otpor projektiranog broda odredi se pomoću neke od približnih metoda ili koristeći se dijagramima sistematskih ispitivanja otpora modela (v. Otpor broda u ovom članku).

Ako su projekt i prototip geometrijski slični brodovi, a osim toga plove pri približno jednakim Froudeovim brojevima, snaga pogonskog stroja projekta odredi se jednostavno prema snazi prototipa primjenom zakona sličnosti, tj. omjer snaga jednak je linearnom mjerilu na potenciju 3,5.

Prethodno određivanje dimenzija i elemenata forme broda. Istisnina je jednaka sumi svih težina broda a ovisi i o glavnim dimenzijama broda. Nema metode kojom bi se za danu istisninu istovremeno mogle odrediti i težine i najpovoljnija forma trupa broda.

Redovno se projekt novoga broda razraduje prema nekom izgradijenom brodu sličnih funkcija i tipa, uz opravdani zaključak da se ni forma novog broda ne mora bitnije razlikovati od forme prototipa. Metode određivanja istisnine i težina zasnivaju se na sličnosti prototipa i novoga broda. Koliko je sličnost manja toliko će biti manje pouzdane dobivene težine a time i istisnina projekta. U tom je slučaju još najpouzdanoje razmotriti na koji se način nepodudaranje, odnosno razlike, između prototipa i novoga broda odražavaju na istisnini. Makar kako savršen i dobar bio prototip, karakteristike njegove forme ne mogu biti najbolje za novi brod, osim u slučaju sasvim jednakih uslova i potpune sličnosti, ali tada ne bi ni trebalo raditi novi projekt.

U prvom je redu važan utjecaj pojedinih elemenata forme na opće karakteristike i na pojedinu svojstva broda. Pošto je odabrana forma, odredi se tom formom uvjetovana istisnina. Normalno se ta istisnina, koja odgovara odabranim dimenzijama, ne podudara s istisninom ranije dobivenom kao suma pojedinih težina. Zato treba, polazeći od dimenzija broda, ponoviti proračun težina, i prema novoj istisnini, koja je jednaka sumi novih težina, ponovo odrediti glavne dimenzije i formu broda. Taj postupak se ponavlja sve dok se ne usklade istisnina, težine i dimenzije broda. Pri tom uskladivanju težina, dimenzija i istisnina broda

rijetko se mijenja samo jedna dimenzija ili samo jedan koeficijent forme broda, već se redovno mijenja više njih istovremeno. U tom slučaju treba promatrati posebno posljedice svake promjene, pa nakon toga usporediti pozitivne i negativne posljedice izvršenih promjena.

Za zadanu nosivost istisnina najviše ovisi o *dužini* broda. Za konstantnu brzinu i istisninu veća dužina smanjuje otpor valova po toni istisnine, ali povećava oplakanu površinu broda i otpor trenja. Smanjenje specifičnog otpora valova može biti veće od porasta specifičnog otpora trenja pa će se povećanje dužine broda odraziti u manjem ukupnom otporu po toni istisnine. Međutim, u eksploataciji se uslijed obraslosti broda povećava otpor trenja, i to ponekad vrlo znatno, pa se u krajnjoj bilansi povećanje dužine broda može ipak negativno odraziti na ukupni otpor broda.

Na otpor broda ima utjecaj i omjer istisnine i dužine broda, često izražen Taylorovim koeficijentom:

$$C_{dL} = A/(0,01 L)^3$$

U engleskom sistemu mjera vrijednost ovog koeficijenta varira između 50 i 500. Sistematska ispitivanja modela pokazuju da se u području brzina trgovackih brodova koeficijent C_{dL} može odabrat prema potrebnoj nosivosti i prostornosti broda bez bojazni da će se to znatnije odraziti na otporu. U području visokih relativnih brzina $V/\sqrt{L} \geq 1,4$ treba da C_{dL} bude što niži, jer jedino niska vrijednost tog koeficijenta osigurava da težina pogonskog uredaja i potrošak goriva ne budu pretjerano veliki.

Povećanje dužine broda, uz konstantnu istisninu, odražava se u većoj težini trupa, većim troškovima gradnje i većim troškovima eksploatacije broda. Može se uzeti da je težina trupa približno proporcionalna $L^{3/2}$ do $L^{5/3}$.

Vrlo velika dužina je poseban problem suvremenih supertankera. Velika dužina tih brodova uvjetovana je golemom nosivošću i istisninom, a negativno se odražava u velikoj težini trupa, velikim troškovima gradnje i uzdržavanja, velikom otporu trenja, itd. Radi smanjenja prevelike dužine supertankera odabire se maksimalni mogući gaz broda, maksimalna moguća širina i maksimalni koeficijent istisnine (i preko 0,85, što se još prije desetak godina smatralo neizvedivim).

Dužina današnjih trgovackih brodova znatno je manja od dužine minimalnog otpora. Redovno se odabire najmanja dužina pri kojoj otpor valova s povećanjem brzine broda još suviše naglo ne raste. Smatra se da je najbolja ona dužina broda koja daje najmanju moguću istisninu dovoljnu da zadovolji zahtjeve nosivosti broda, a koja ujedno ne uzrokuje velik porast otpora broda.

Zeli li se procijeniti dužina koja daje najniže operativne troškove, treba posebno uzimati u obzir troškove po toni težine trupa, po jedinicama snage pogonskih strojeva, po toni goriva, kao i amortizacijske godišnje otpise u vezi s nabavnom cijenom broda i vrijednosti pri kasiranju. Ova analiza nije ni laka ni jednostavna. Ipak, bez bojazni može se uzeti da je brod minimalne dužine istovremeno i brod najnižih operativnih troškova.

O širini broda najviše ovisi poprečni metacentarski radijus \overline{MF} a time i metacentarska visina \overline{MG} i poprečni stabilitet broda. Metacentarski radijus \overline{MF} može se izraziti formulom:

$$\overline{MF} = C_1 B^2 / \delta T, \quad (3)$$

gdje je C_1 koeficijent ovisan o obliku trupa broda, koji za normalne trgovacke brodove iznosi $0,04 \dots 0,06$; δ koeficijent istisnine broda, T gaz broda. Iz gornjeg izraza se vidi da je metacentarski radijus proporcionalan kvadratu širine broda, pa u slučaju da istisnina i gaz broda ostaju nepromjenjeni, već neznatna promjena širine izaziva osjetljivu promjenu metacentarskog radijusa \overline{MF} , a time i metacentarske visine \overline{MG} .

Širina broda ima sličan utjecaj i na periodu ljudjanja broda T , jer je:

$$T = f \cdot B / \sqrt{\overline{MG}}, \quad (4)$$

gdje je f koeficijent čije su vrijednosti za različite tipove brodova dane u tablici 2, str. 170 (v. poglavje Plovnost broda u ovom članku). Zato već u početnom stadiju razrade projekta treba provjeriti da li odabrana širina zadovoljava zahtjeve stabilitetu broda i kako se širina odražava na periodu ljudjanja broda.

Utjecaj širine broda na težinu konstrukcije trupa je neznatan. Promjenom širine mijenja se nosiva površina poprečnog presjeka broda uzetog kao nosača, što će se najviše odraziti u težinama rebrenica, sponja, pregrada i paluba. Uz ostale nepromjenjene uvjete može se uzeti da je težina trupa proporcionalna širini na dvije trećine ($B^{2/3}$). Promjena širine ne dovodi do promjene težine brodske opreme, a samo u maloj mjeri utječe na promjenu snage pogonskih strojeva, pa prema tome i na promjenu težine goriva. Uz konstantnu istisninu i dužinu broda omjer $B/T = 3$ daje najmanju oplakanu površinu pa zato i najniži otpor trenja. Međutim, ako je taj omjer unutar granica $2,5 < B/T < 3,5$, ukupni se otpor mijenja vrlo malo. Sistematska ispitivanja modela pokazuju da se pri promjeni širine trgovackih brodova (unutar razumnih granica) jedva primjećuje neka promjena u ukupnom otporu, možda unutar 1% do 2%. Ako se poveća jedino širina, a zadrže sve ostale karakteristike forme neizmjenjene, dobiva se veća površina glavnog rebra a time niži prizmatički koeficijent, što redovno ima za posljedicu manji preostali otpor. Brodovi velikih širina a malih gazova imaju veći preostali otpor od uskih brodova velikoga gaza.

Konačan je zaključak da promjena širine zanemarljivo malo utječe na težinu trupa, strojeva i goriva. Uslijed toga se širina određuje u vezi s drugim kriterijima: s metacentarskom visinom i s periodom ljudjanja broda.

Brod ima tri karakteristične *visinske dimenzije*: gaz T , bočnu visinu H i nadvode F . One su međusobno povezane pa se moraju promatrati zajedno. Minimalno dozvoljeno nadvode teretnih brodova ovisi o čvrstoći trupa i o geometrijskim karakteristikama broda, a nadvode putničkih brodova još i o razmaku nepropusnih pregrada. Trgovacki brodovi redovito imaju veće nadvode od minimalnoga, jer ono rezultira iz razlike gaza i bočne visine uvjetovane potrebnim prostorom. Ako se zadrži isto dozvoljeno naprezanje brodske konstrukcije, mogu se povećanjem bočne visine smanjiti dimenzije (a time i težine) uzdužnih konstruktivnih elemenata broda, ali će porasti težine pregrada i rebara. Taj je porast manji od smanjenja težine nosača uzdužne čvrstoće, što znači da se povećanjem bočne visine smanjuje ukupna težina trupa.

Poprečni stabilitet broda ovisi o bočnoj visini. Visina težišta sistema broda iznad kobilice, KG , upravo je proporcionalna bočnoj visini, pa se povećanjem bočne visine (uz ostale neizmjenjene veličine) podiže težište broda i time smanjuje metacentarsku visinu.

Gaz se uz ostale nepromjenjene dimenzije može povećati jedino smanjenjem koeficijenta istisnine tako da produkt $\delta \cdot T$ ostaje konstantan. Veći gaz omogućava održavanje veće brzine broda u nepovoljnim vremenskim prilikama, bolje držanje kursa i manji otpor valova.

S obzirom na otpor nije bitan sam gaz već omjer B/T , što je već objašnjeno pri razmatranju utjecaja širine broda.

Promjenom gaza mijenja se visina težišta istisnine F iznad kobilice i to prema formuli:

$$KF = T (2,5 - \varphi_v)/3, \quad (5)$$

gdje je φ_v vertikalni prizmatički koeficijent.

Uz konstantnu bočnu visinu manji gaz znači veće nadvode. O visini nadvoda ovise rezervna istisnina i kut nagiba pri kojem rub palube uranja u vodu, dakle i opseg stabiliteta. Veće nadvode, kod konstantne bočne visine, znači manju metacentarsku visinu; ali već neznatnim povećanjem širine broda nadomješta se taj pad metacentarske visine. Veće nadvode, uz istu bočnu visinu, pruža bolja svojstva stabiliteta: veći opseg stabiliteta i maksimalni moment stabiliteta pri većem kutu nagiba.

Veće nadvode osigurava bolje držanje broda na valovima, suhu palubu i veću moguću brzinu na nemirnom valovitom moru, ukoliko brod raspolaže dovoljnom snagom strojeva i dovoljno čvrstom konstrukcijom trupa da odoli hidrodinamičkim opterećenjima.

Za plovidbu na mirnom moru trebalo bi da visina nadvoda na pramcu bude proporcionalna kvadratu brzine broda, jer su visina pramčanog vala i pritisak vode na pramcu proporcionalni kvadratu brzine. Visina nadvoda na pramcu potrebna za plovidbu po uzburkanom moru ovisi o brzini i o veličini broda; obično se određuje prema iskustvu.

Bočna visina trgovackih brodova odredi se polazeći od zatvorenog ukupnog brodskog prostora potrebnog za smještaj tereta, strojeva, putnika i posade. Veličina skladišta ovisi o vrsti tereta; redovno naručilac traži određenu specifičnu prostornost izraženu u kubnim stopama ili kubnim metrima po toni nosivosti. Prostornost se mašinskog prostora odredi prema brodu istog tipa, iste veličine i snage strojeva. Pri određivanju bočne visine i prostornosti treba voditi računa i o prednostima i nedostacima broda s otvorenom i zatvorenom zaštitnom palubom.

Veličina koeficijenta istisnine δ promjenljiva je u širokim granicama a ovisi o tipu broda. Brži brodovi, s velikim omjerom L/B , redovno imaju niske koeficijente istisnine, jer visoki koeficijent istisnine izaziva veći pad brzine pri plovidbi uzburkanim morem.

Veliki brodovi imaju koeficijent glavnog rebara β blizu jedinice, jer na prelazu brodskog dna u bok imaju zakrivljenost vrlo malog radijusa. Najmanja oplakana površina a time i najmanji otpor trenja dobiva se sa $\beta = 0,90$. O veličini koeficijenta glavnog rebara ovisi veličina uzdužnog prizmatičnog koeficijenta: $\varphi = \delta/\beta$, a time i veličina preostalog otpora. Brodovi visokih relativnih brzina ($Fr = 0,45$ odnosno $V/\sqrt{L} = 1,50$), kao što su razarači, imaju β oko 0,80, da bi vrijednost φ ostala iznad 0,60.

Veličina koeficijenta plovne linije a odabire se prvenstveno prema zahtjevima stabiliteta. Preveliki koeficijent vodne linije dovodi do oviše punih vodnih linija na krajevima. Brže jedinice imaju relativno niže vrijednosti koeficijenta vodne linije.

Vertikalni prizmatički koeficijent $\varphi_v = \delta/a$ je mjera za raspored istisnine po visini. Veliki φ_v znači da se površine vodnih linija znatnije ne razlikuju. Prema jednadžbi (5) proizlazi da se povećanjem φ_v snižuje visina težišta istisnine KF , što ima za posljedicu smanjenje metacentarske visine i poluge stabiliteta pri malim kutovima nagiba. Preveliki φ_v izaziva vrlo jako posrtanje, propinjanje i poniranje broda na valovima.

Uzdužni prizmatički koeficijent ili koeficijent areale rebara $\varphi = \delta/\beta$ pokazuje raspodjelu istisnine po dužini broda ali ne daje naročit uvid u formu broda. Veliki φ znači da nema velikih razlika u površinama rebara na krajevima i po sredini broda (da su krajevi broda puni); niski φ znači oštре krajeve a punu sredinu broda. Koeficijent φ znatno utječe na preostali otpor broda pa prema tome i na težinu i snagu pogonskih strojeva i na potrošak goriva, naročito za brodove s većim omjerom V/\sqrt{L} , gdje je udio preostalog otpora u ukupnom otporu znatno veći. Sve do $V/\sqrt{L} = 1,10$ preostali otpor (pa prema tome i ukupni) raste s porastom prizmatičnog koeficijenta. Sve se vrste trgovackih brodova nalaze u području $0,60 < V/\sqrt{L} < 1,10$, a u tom je području za preostali otpor najpovoljniji $\varphi = 0,55$. Prizmatički koeficijent trgovackih brodova, međutim, znatno je veći od optimalnog za otpor, jer je teretnim brodovima znatno važnija prostornost skladišta, a putničkim brodovima povoljan raspored kabina (što je jedno i drugo vezano s većim φ) nego minimalna težina pogonskih strojeva. Najbolje je vrijednost prizmatičkog koeficijenta odabrati prema uspјelim brodovima istoga tipa, brzine i veličine.

Prethodno određivanje stabiliteta. Nakon prvog približnog određivanja glavnih dimenzija i koeficijenata forme potrebno je izviditi u kojem se području kreće metacentarska visina i kakav bi mogao biti oblik krivulje poluga statičkog stabiliteta. Često se dešava da odabrane forme i omjeri glavnih dimenzija broda ne zadovoljavaju najbolje i jednakom zahtjeve o prostornosti, propulziji i stabilitetu, pa na osnovu približne kontrole stabiliteta treba provesti eventualne potrebe korekture glavnih dimenzija, prvenstveno širine i nadvoda broda.

Najbolja mjera stabiliteta je krivulja poluge statičkog stabiliteta. Ova se krivulja dobiva uz pretpostavku da brod pliva na mirnoj vodi, da se nagiba oko neke fiksne uzdužne osi i da je sila koja ga nastoji nagnuti statičke prirode. U stvarnosti su rijetki veliki nagibi broda na mirnoj vodi, sila koja djeluje na brod redovno je dinamička, a i na mirnoj vodi može se brod prevrnuti djelovanjem dinamičkog momenta koji je manji od maksimalnog momenta statičkog stabiliteta. Uza sve to krivulja poluge statičkog stabiliteta je ipak dovoljno dobro mjerilo za stabilitet broda i u stvarnim prilikama na moru.

Krivulja poluge statičkog stabiliteta može se približno odrediti na osnovu glavnih dimenzija i koeficijenata forme broda. Karak-

teristične vrijednosti krivulje poluga statičkog stabiliteta jesu: uspon krivulje na samom početku (kut nagiba broda = 0°), što ovisi o metacentarskoj visini MG ; maksimalna ordinata krivulje (maksimalna poluga stabiliteta) i kut nagiba broda koji joj odgovara; opseg krivulje, tj. područje kutova nagiba u kojem su poluge stabiliteta pozitivne (v. Stabilitet broda u ovom članku, sl. 8, str. 175).

Imaju li projektirani brod i prototip iste proporcije, bit će im sličan i oblik krivulje poluga statičkog stabiliteta. Razlike mogu biti veće jedino u metacentarskoj visini, dakle u strminu krivulje na početku.

Montell je (1946) izveo empiričku formulu za područje pozitivnog stabiliteta:

$$\theta_r = \vartheta_d \cdot C \cdot \varphi \cdot (B/T) \cdot (\bar{KF}/\bar{FG}), \quad (6)$$

gdje je θ_r kut opsega stabiliteta, ϑ_d kut pri kojem rub palube uranja u vodu, φ prizmatički koeficijent: $C = 1,50 \pm 0,10$. Visina \bar{KF} se odredi prema formuli (5), a udaljenost \bar{FG} prema pretpostavljenoj visini težišta broda G . Poluga stabiliteta za bilo koji kut nagiba broda φ manji od kuta koji odgovara uronu palubnog ruba može se odrediti Niedermairovom formulom izvedenom iz formule za brod vertikalnih bokova:

$$\bar{GZ} = \bar{GM} \sin \varphi + \bar{FM} (K/100), \quad (7)$$

gdje je K koeficijent ovisan o kutu nagiba broda φ prema ovoj tablici:

φ	5°	10°	15°	20°	25°	30°
K	0,033	0,258	0,836	1,836	3,320	5,003

Pomoću ovih izraza mogu se približno odrediti strmina i kut uspona krivulje na početku; maksimalna ordinata GZ_{max} , kut nagiba kojemu odgovara maksimalna ordinata i opseg stabiliteta, što sve zajedno pruža dobar uvid u tok krivulje statičkog stabiliteta.

Projektirani brod mora imati dovoljnu metacentarsku visinu. Minimalna prihvativljiva metacentarska visina mora u svakom slučaju osigurati plovnost neoštećenoga broda, a osim toga treba da osigura plovnost i kad stanovita količina vode prodre u brod. S druge strane, metacentarska visina ne smije izazvati nepovoljnu periodu ljuštanja broda. Metacentarska je visina mjerilo jedino za početni stabilitet i služi samo za to da se odredi kut nagiba broda izazvan pomacima tereta ili prodorom vode, ukoliko je taj kut manji od 10° .

Internacionalnom konvencijom o sigurnosti života na moru propisana je metacentarska visina samo za putničke brodove (v. poglavje Stabilitet broda u ovom članku); za teretne brodove nema internacionalnih propisa o stabilitetu. Samim rasporedom tereta može se znatno mijenjati metacentarska visina ovih brodova. Pri računanju stabiliteta redovno se uzima težište ukrcanog tereta u težištu skladišnog prostora, tj. računa se s homogenim teretom kojim je potpuno ispunjen sav skladišni prostor i postignuta potpuna nosivost broda. Oviše velika metacentarska visina izaziva prekratke periode ljuštanja broda i zato velike akceleracije pri velikim kutovima nagiba, što čini boravak na brodu vrlo neugodnim, a može dovesti i do pomicanja tereta, oštećenja brodske konstrukcije, pa i do gubitka broda.

Prema formuli (4) može se za željenu minimalnu periodu ljuštanja i određenu širinu broda odrediti potrebita metacentarska visina, odnosno, ako se pretpostave perioda ljuštanja i metacentarska visina, dobiva se odgovarajuća širina broda.

Do širine broda koja je potrebna da se dobije određena vrijednost metacentarske visine može se doći i pomoću formule (3) ako se ona postavi na ovaj način:

$$B = (\bar{MF} \cdot \delta \cdot T/C_1)^{1/2} = [(\bar{KG} + \bar{MG} - KF) \cdot \delta \cdot T/C_1]^{1/2}, \quad (3a)$$

gdje je \bar{MG} zahtijevana metacentarska visina, \bar{KG} procijenjena visina težišta broda iznad kobilice, \bar{KF} visina težišta istisnine iznad kobilice izračunata prema (5).

Pomoću jednadžbe (3a) rješenje se najlakše dobiva ako se pretpostavi nekoliko različitih vrijednosti gaza T , pa se za svaku pojedinu od tih vrijednosti nanese u dijagram izračunata širina B . Svaka tačka tako konstruirane krivulje daje rješenje jednadžbe, pa se može odabrati omjer B/T koji je najpovoljniji za otpor i propulziju a istovremeno zadovoljava krivulju.

Ako se pri provjeri odabranih dimenzija B i T ne želi mijanjati površina glavnog rebra (da bi se izbjeglo mijenjanje prizmatičkog koeficijenta), onda svako smanjenje B ili T , koje znači porast koeficijenta glavnog rebra, treba kompenzirati povećanjem koeficijenta istisnine da bi ostao neizmijenjen prizmatički koeficijent.

Izrada linija broda. Pošto se usklade glavne dimenzije, koeficijenti forme, težine i istisnina broda u pretprojektu i nakon približne kontrole stabilite, prelazi se na konstruiranje linija projektiranog broda.

Mnogi projektanti počinju razradu linija polazeći od krivulje areale rebara. Oblik te krivulje može se uzeti ili prema nekim standardnim serijama modela ili, što je bolje, uzme se areala nekog već izgrađenog broda istoga tipa i iste veličine i brzine, za koji se pouzdano zna da je uspio u svakom pogledu, ili se izmjenom forme areale rebara nastoje ispraviti poznati nedostaci tog izgrađenog broda. (Izrada linija broda zahtijeva, uz solidno stručno teorijsko znanje i praktično iskustvo, još i »ono nešto« zbog čega su u prošlim vremenima gradnju broda nazivali umjetnošću.)

Konstruiranje areale rebara je prilično jednostavno. Površina ispod krivulje areale rebara mora u odabranom mjerilu biti jednakista istisnini broda, a maksimalna ordinata krivulje na sredini broda jednaka je u odgovarajućem mjerilu površini glavnog rebra. Polazeći od pravokutnika čija osnovka odgovara dužini a površina istisnini broda i od maksimalne ordinate na sredini dužine broda, konstruira se krivulja areale rebara tako da površina dodana iznad sredine pravokutnika bude jednaka površini oduzetoj na krajevima pravokutnika. Bolje je početi s krivuljom u malom mjerilu: rad je pregledniji i lakše se izjednače površine koje se oduzimaju ili dodaju. Pošto se dobije željena površina areale rebara, treba provjeriti položaj njenog težišta, odnosno mijenjanjem oblika krivulje dovesti težište u željeni položaj.

Težište se krivulje areale rebara mora podudarati s težištem istisnine po dužini, a na istu vertikalnu mora pasti i težište sistema broda. Ne padnu li oba težišta na istu vertikalu, nastaje moment pretege jednak produktu udaljenosti između oba težišta i istisnine. Zaoštrenje pramčanog dijela areale rebara utječe na otpor broda (težište se pomiće prema krmu); zaoštrenje krmnog dijela areale odražava se u veličini koeficijenta smanjenog poriva i koeficijenta sustrujanja i time utječe na koeficijent utjecaja trupa odnosno na stupanj propulzije. Za visoke vrijednosti V/\sqrt{L} zaoštrenje pramčanog dijela (pomicanjem težišta prema krmu) smanjuje otpor; za umjerene vrijednosti V/\sqrt{L} nema razloga da pramčano zaoštrenje bude veće od krmnog (težište na polovini dužine); za niske vrijednosti V/\sqrt{L} , uz znatnu dužinu paralelnog srednjaka, povoljnije je jače krmeno zaoštrenje od pramčanog, jer je bolje pritjecanje vode vijku i bolji je stepen propulzije.

Kad je određen oblik krivulje areale rebara, prelazi se na konstruiranje pojedinih rebara. Najprije se konstruira glavno rebro, čija je površina jednaka $B T \beta$. Ako je koeficijent β velik, jednostavno se malim zaobljenjem prelaza dnu u bokove dove do oblika glavnog rebra. Kad su vrijednosti β niže, jednostavnije je najprije konstruirati trapezoid visine $B/2$, duže stranice T i kraće paralele stranice $T(2\beta - 1)$, čija je površina prema tome: $B T \beta/2$. Zaobljenjem trapezoida tako da je oduzeta površina jednaka dodanoj može se postići odgovarajući oblik rebra (sl. 4). Prema površinama određenim krivuljom areale rebara na sličan način se odredi oblik ostalih rebara.

Oblak rebara ne odabire se uvijek jedino sa stanovišta minimalnog otpora. Za otpor su pogodnije manje širine pramčanih rebara. Zadržavanjem iste širine rebara po visini dobiva se U-oblik rebara koji je općenito pogodan i za otpor i za propulziju. Pramčana rebra V-oblika pogodnija su za plovidbu na uzburknom moru. O obliku rebara ovisi i oblik krivulje poluga statičkog stabilite. S U-rebrima se sružava težište istisnine, a rebra V-oblika mogu jako smanjiti površinu plovne VL, kad se brod bočno nagne, što nepovoljno djeluje na statički stabilitet.

Za smanjenje posrtanja općenito se smatra da su pogodna pramčana rebra sa izbačenim nadvodnim dijelom, ali nije jasno

do koje se mjere mogu na samom pramu rebra raširiti a da ne dode do luppenja pramca o valove.

Konstruktivna vodna linija se privremeno povuče analogno krivulji areale rebara. Prema sličnom brodu poznatih svojstava određe se dužine pramčanog i krmnog zaoštrenja, kutovi na krajevima i položaj najveće širine. Površina konstruktivne vodne linije mora biti = $L B a/2$. Ostale vodne linije se konstruiraju prema ranije izrađenom planu rebara. Za manji su otpor bolje ravne forme vodnih linija na pramu, a na krmu blago uvinute u donjem području i punije u području plovne vodne linije. Povrh KVL dobre su oštре vodne linije na pramu (naročito za plovidbu po valovima) a pune na krmu, što se postiže naprijed izbačenom pramčanom statvom a na krmu V-oblikom rebara.

Obris palube se povuče analogno prema KVL. Širine palube na pojedinim mjestima uvjetovane su potrebnim površinama: na pramu za smještaj uredaja za sidrenje, na krmu za smještaj uredaja za kormilarenje; na ostalim mjestima razlike između širina KVL i palube ovise o željenom obliku rebara, tj. da li su rebra ravna, uvučena ili izbačena.

Uzdužni profil se dobiva tako da se na prednjem perpendikularu nanese željena kontura pramčane statve (ravne, zakriviljene ili nagnute) a na krmnom perpendikularu kontura krme odabranu prema željenom vanjskom izgledu broda i prema potrebnom prostoru na krmu. Uzdužna linija palube odabere se uglavnom prema estetskom izgledu (koji je individualan) u obliku parabole s najnižom tačkom na $L/2$ ili na $L/3$ od krme. Oblik palube naveden u internacionalnim propisima o teretnoj vodnoj liniji služi jedino kao jednoobrazna baza za izračunavanje nadvoda.

Karakteristikama uzdužnog profila smatraju se: bočna visina do palube na $L/2$, kako na boku tako i na središnjici broda, dužina između okomica i gaz broda. Ovi podaci su dovoljni za crtanje uzdužnog profila.

Kad su linije broda konstruirane, izračunaju se svi podaci za dijagramski list, poluge stabilite itd. i tako provjere u ranijem stadiju projektiranja približnim metodama izračunate ili pretpostavljene veličine.

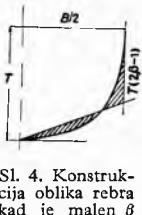
Približne su se metode za računanje površina, volumena, momenata, težišta, metacentra, itd. u domaćile i do danas zadržale zbg toga što ne postoje druge, pouzdane metode. Kad bi se izražavale brodske forme (linija i rebara) matematičkim jednadžbama, mogli bi se tačnije i jednostavnije proračunati svi podaci. Važnije je još što bi se za matematičkim jednadžbama izražene linije mogle odrediti pojedine karakteristike (težišta, površine, momenti, metacentar) već na osnovu samih glavnih dimenzija, njihovih omjera i koeficijenata forme, a ne bi trebalo uopće crtati brodske linije. To bi osiguralo pouzdanoje podatke već u početnom stadiju projektiranja. Matematičkim načinom izražene linije olakšale bi i analize o utjecaju pojedinih karakteristika brodske forme na otpor, na stabilitet, itd. Do sada je predloženo nekoliko različitih načina za matematičko predočavanje brodskih formi i nema sumnje da će se neka od predloženih metoda u skoroj budućnosti početi primjenjivati.

Izrada generalnog plana broda

Jedna od najvažnijih faza projektiranja broda je razrada generalnog plana broda. Generalni plan prikazuje raspored i veličinu pojedinih brodskih prostora i razmještaj opreme na brodu. Tri osnovna cilja treba imati pred očima pri razradi generalnog plana broda: da se postigne što veća sigurnost broda, što veća funkcionalnost broda i što niži trošak gradnje broda. Pored toga projektant mora voditi računa i o nacionalnim i internacionalnim propisima za gradnju brodova kao i o eventualnim specijalnim zahtjevima brodovlasnika.

Sigurnost broda i posade zahtijeva odgovarajući stabilitet i nepotopljivost broda, pouzdane uredaje za navigaciju, uredaje za otkrivanje i sprečavanje požara i opremu za spasavanje.

Stabilitet broda ne ovisi samo o obliku brodskog trupa već i o rasporedu težina na brodu, pa projektant mora voditi računa o tom da u raznim stanjima opterećenja broda stabilitet uvijek ostane dovoljno velik. To znači da generalnim planom treba predviđati takav raspored stalnih težina broda i takav raspored tovarnih prostora i tankova da za sve praktično moguće kombinacije krcanja tereta ili razmještaja putnika stabilitet broda ne bude ugrožen.



Nepotonljivost broda se osigurava nepropusnim pregradama. Ovisno o tipu broda projektant mora napraviti takav raspored pregrada da, s jedne strane, budu zadovoljeni međunarodni propisi o nepropusnom pregradivanju broda, a s druge strane da nepropusne pregrade ne smetaju funkcionalnosti brodskih prošta i uredaja.

Međunarodna konvencija o sigurnosti života na moru i nacionalni propisi određuju obaveznu navigacijsku opremu broda, uredaje za gašenje požara, obavezne protupožarne mjere na brodu i obavezne uredaje za spasavanje. Detaljnije o opremi i uredajima koji su propisani radi veće sigurnosti broda vidi: Oprema broda i Instrumenti i specijalni uredaji u ovom članku.

Nepropusno pregradivanje broda. Za teretne brodove ne postoje ni međunarodni ni nacionalni propisi o pregradivanju nego su za njih obavezni jedino propisi klasifikacionih društava. Prema tim propisima na udaljenosti $0,05 L$ od pramčanog perpendikulara mora biti nepropusna kolizijska pregrada a na krmi analognog pregrada; prostor glavnih strojeva mora biti na oba kraja ograden nepropusnim pregradama; prva nepropusna pregrada iza pramčane kolizijske pregrade ne smije biti udaljena više nego $0,2 L$ od pramčanog perpendikulara; brodovi dužine $86,99 < L < 102,10$ moraju imati još jednu pregradu, a brodovi dužine $102,10 < L < 112,80$ m moraju imati bar 6 nepropusnih pregrada itd.

Nepropusna razdioba broda ide na račun brzine krcanja i slaganja tereta pa smanjuje operativnu efikasnost broda. Zato odluku o stupnju pregradivanja treba da donesu sporazumno projektant i brodovlasnik. Projektant daje podatke o odnosu između veličine skladišta, gubitka uzgona i stabilitetu, o smanjenju nadvoda, o nagibu i pretezi broda za slučaj prodora vode. Gušće pregrade povećavaju težinu trupa a time i troškove gradnje, raste amortizacija, uz istu istisninu pada nosivost, veći je potrošak goriva za istu brzinu. To je razlog zbog kojeg brodovlasnik rijetko naručuje brod s kojom pregradom više od propisanih. Teretni brodovi za opći teret imaju jedino poprečne pregrade koje sežu od dvodna do palube nadvoda. Ispod palube nadvoda brod nema nepropusnih paluba. Osim na tankerima, uzdužne nepropusne pregrade nisu uobičajene na trgovackim brodovima zbog bojazni da bi se izgubio stabilitet u slučaju prodora vode samo s jedne strane broda.

Izgledao bi prihvatljiv i logičan kriterij da se pregradivanjem osigura teretnim brodovima plovnost i stabilitet za slučaj prodora vode u bilo koji prostor. Međutim, jedino tankeri zadovoljavaju taj kriterij, a brodovi za prevoz suhog tereta skoro nikada.

Nepropusno pregradivanje putničkih brodova propisano je Međunarodnom konvencijom o sigurnosti života na moru. Prva konvencija potječe iz 1930, druga iz 1948; treća iz 1960 stupila je na snagu 1965, kad ju je priznalo 7 zemalja od kojih tri s trgovackom flotom od preko milijun BRT. Po tim propisima najveća dozvoljena dužina prostora između dvije nepropusne pregrade na brodu dobiva se množenjem dužine naplavljivosti (određene računom nepotonljivosti broda) s pregradnim faktorom. Veličina pregradnog faktora jednak je jedinici ili manja od nje, a ovisi o dužini broda i o kriteriju službe.

Kriterij službe C_s dobiva se na dvojak način: prema jednadžbi

$$C_s = 72 (M + 2 P_1) / (V + P_1 - P) \text{ ako je } P_1 > P$$

ili prema jednadžbi

$$C_s = 72 (M + 2 P) / V \quad \text{kad je } P_1 \leq P;$$

u tim jednadžbama je M volumen mašinskog prostora do rubne linije urona + volumen svih tankova goriva povrh dvodna a izvan mašinskog prostora, V ukupni volumen broda ispod granične linije urona, P ukupni volumen nastamba putnika i posade ispod granične linije urona, $P_1 = 0,6 \cdot L \cdot N$, gdje je N broj putnika koje je brod ovlašten prevoziti. Ako je ukupni volumen putničkih prostorija ispod i iznad granične linije urona manji od $0,6 L N$, može se za P_1 uzeti ta niža vrijednost, ali nikada vrijednost manja od $P_1 = 0,4 L N$.

Postoji i pomoći kriterij službe:

$$S = (3,574 - 25 L) / 13.$$

Ako je dužina broda $L \geq 131$ m, pregradni je faktor:

$$A = 0,18 + [58,20 / (L - 60)].$$

Ako je dužina broda $L \leq 79$ m pregradni je faktor:

$$B = 0,18 + [30,3 / (L - 42)].$$

Daljnja dva pregradna faktora jesu:

$$F_1 = A - (A - B) (C_s - 23) / 100,$$

$$F_2 = 1 - (1 - B) (C_s - S) / (123 - S).$$

Propisani pregradni faktori u ovisnosti o dužini broda i kriteriju službe navedeni su u ovoj tablici:

Dužina broda, m	Kriterij službe	Pregradni faktor
$L \geq 131$	$C_s \leq 23$ $23 < C_s < 123$ $C_s \geq 123$	$\begin{matrix} A \\ F_1 \\ B \end{matrix}$
$79 < L < 131$	$C_s \leq S$ $S < C_s < 123$ $C_s \geq 123$	$\begin{matrix} 1 \\ F_2 \\ B \end{matrix}$
$L \leq 79$	bez oznaka vrijednosti C_s	1

Za bilo koju dužinu broda, ako je broj putnika $12 < N < 50$, ili ako je $N < L^2 / 650$, za pregradni faktor uzima se jedinica. Sve navedene jednadžbe za kriterije službe i pregradne faktore važe za metrički sistem mjera.

Nadalje propisi sadrže ove zahtjeve: pojedini prostor može premašiti dozvoljenu maksimalnu dužinu uz uvjet da s bilo kojim priležećim prostorom zajedno ne premašuje ni dužinu naplavljivosti ni dvostruku dozvoljenu dužinu. Udaljenost pramčane kolizijske pregrade od pramčanog perpendikulara ne smije biti manja od $0,05 L$ ni veća od $(0,05 L + 3,05)$ metara. Kad brod ima kaštel, kolizijska pregrada mora sizati do palube iznad pregradne. Prva pregrada iza kolizijske ne smije biti udaljena od pramčanog perpendikulara više od »dozvoljenog razmaka«. Bilo koja pregrada smještena na razmaku manjem od $(0,03 L + 3,05)$ m ili $10,50$ m (važi što je manje) ne smatra se nepropusnom u smislu pregradivanja broda. Krmena statvena cijev mora biti ogradena nepropusnim prostorom. Ako se naplavi osovinski tunel, brod ne smije zaroniti iznad granične linije. Sjecište dvodna s oplatom mora biti povrh presjeka između bočnog uzvoja dna i pravca povučenog pod kutom od 25° (od horizontale) s udaljenosti $B/2$ od središnjice broda. Tankovi dvodna koji služe za smještaj tekućina moraju po sredini imati nepropusne hrptenice.

Raspored brodskih prostora. Generalnim planom projektnog plana rasporedi se brodski prostori i razmještaj brodskih uredaja predviđeni tako da oni budu funkcionalni i uskladieni s tipom i namjenom broda. Veličine su nekih prostorija propisane nacionalnim ili internacionalnim uredbama a za neke važe pomorske uzance, koje nisu jednake za sva područja i za sve države. Svakom uredaju, uz potreban prostor, treba osigurati i potrebnu površinu palube. Razrađeni su i ustaljeni standardi za nastambe, a pri određivanju prostora za neke druge službe (pogon broda, navigaciju i sl.) treba osim na potrebeni prostor za smještaj uredaja misliti i na upravljanje ugrađenim uredajima, na njihov popravak i na uvjete rada personala u službi. Pri dimenzioniranju skladišta za teret treba voditi računa o visini do koje se sa sigurnošću može teret slagati i o tome da oblik rasploživog prostora mora omogućivati slaganje uz što manje gubitke na prostoru. Pojedinim prostorima pripadaju adekvatni prilazi sa stubištimaako se radi o nastambama ili često frekventiranim prostorijama, ili obične vertikalne stube ako prilaz vodi do prostorija u koje se rjeđe ulazi (npr. skladišta tereta).

Projektant najprije rješava ono što je najvažnije za specifičnu funkciju broda. Na teretnom brodu je slaganje i manipuliranje teretom najvažnije, a na putničkom smještaj putnika.

Brodsko skladišta. U velika se skladišta lakše slažu različite vrste tereta i bolje se iskorištava rasploživi prostor, ali su u njima potrebna velika pomicanja tereta od samaričine kuke do mjesta slaganja, što zamara radnike. Velike su visine skladišta nepogodne ako ne postoje posebni uredaji za podizanje tereta pri slaganju. Ukupni prostor skladišta ovisi o nosivosti broda i o koeficijentu slaganja izraženom u kubnim metrima po toni ili cu. ft./tons. Vrlo su važni hladeni prostori za slaganje pokvarljive robe a i

tankovi za prevoz osjetljivih tekućih tereta (npr. vegetabilnih jestivih ulja).

Na brodu za rasuti teret lako je podijeliti prostor. Veličina i raspored prostora prilagode se zahtjevu balastiranja praznog broda uz izbjegavanje prevelikih naprezanja konstrukcije. Na tankeru se ugrade dvije uzdužne pregrade tako da su srednji tankovi široki $B/2$ a bočni tankovi uži. Brodovi za prevoz rude (ore carriers) imaju bočne tankove i tankove ispod prostora za teret. Tankovi su prazni kad je brod krcat teretom.

U putničke prostorije ubrajaju se kabine, javne prostorije, prostorije za spremanje, pripremanje i serviranje hrane, kupaonice, zahodi, praonice, kancelarije za putničke potrebe (pregled pasoša, mijenjanje novca i sl.), trgovine, brijačnice, frizerski saloni itd. Raspored putničkih prostorija ovisi o tome da li na brodu ima samo jedna putnička klasa ili ih ima dvije, ili tri. Potrebni prostor ovisi o broju putnika, o stupnju luksuza, o dužini putovanja, o području putovanja (u južnim ili sjevernim morima) i o sezoni putovanja (ljeti ili zimi, ili stalno). Najbolji su položaji za kabine iznad nepropusne palube po sredini dužine broda, uz vanjsku oplatu, što dalje od uzročnika šumova i vibracija. Putničke blagovaonice mogu biti smještene bilo na gornjim palubama, bilo na donjim palubama ispod razine vode. Važno je da imaju dobro ventilaciju, grijanje, hlađenje, rasvjetu, pa i privlačne dekoracije. Uz blagovaonice su smještene dovoljno velike prostorije za pripremanje hrane, dobro povezane s kuhinjom radi lake dopreme. Ostale putničke zajedničke prostorije rasporede se na gornjim palubama s dobrim izgledom. Ove se prostorije nazivaju raznim imenima (saloni za čitanje, za pisanje, za pušenje, za igranje, za muziciranje i sl.), a svrha im je da se (uz barove na otvorenim palubama) putnici u njima zadržavaju kad nisu u svojim kabinama ni u blagovaonicama. Današnji putnički brodovi redovno još imaju i bazene za kupanje; za topla su područja na otvorenim palubama, a za hladna su smješteni nisko, pri dnu broda, u dobro zagrijanim zatvorenim prostorijama. Za veličinu i opremu putničkih kabina, blagovaonica i ostalih putničkih prostorija vidi Oprema broda u ovom članku.

Smještaj pogonskih strojeva na trgovačkim brodovima ovisi o broju propeleru, veličini glavnih pogonskih strojeva, o mogućnosti održavanja željene pretege u svim slučajevima opterećenja broda, o težinama glavnih i pomoćnih strojeva. Treba voditi računa o lakom pristupu i izlazu personala i o mogućnosti demontiranja i prijenosa na kopno velikih strojnih dijelova. Općenito je povoljnije smjestiti strojarnicu na krmi, jer se time iskoristi prostor koji svojim oblikom nije pogodan za dobar smještaj putničkih nastambu niti za lako slaganje tereta. U tom slučaju otpadaju dugi osovinski vodovi izvrgnuti savijanju za vrijeme plovidbe na valovitom moru, kao i tuneli koji smetaju u krmenim skladištima.

Putnički i teretni brodovi općeg tereta imaju redovno pogonske strojeve na sredini dužine, a tankeri i brodovi za rasuti teret imaju strojarnicu na krmi. Veličina prostora ovisi o instaliranoj snazi, o tipu i vrsti strojeva (dizel-motori ili parne turbine), o veličini pojedinog stroja, o načinu i stupnju pregradivanja. Dužinu mašinskog prostora najpogodnije je odabrati prema izgradenom brodu sa strojevima iste vrste i slične snage. Za trgovačke se brodove konačna odluka o veličini mašinskog prostora donosi u vezi s odbicima od bruto tonaže (v. *Baždarenje broda*).

Smještaj tankova za gorivo je najpovoljnije odabrati tako da je moguće bez prevelikog manipuliranja balastnim tankovima održati povoljnu pretegu i stabilitet broda u različnim slučajevima krcanja. Osim toga mora postojati mogućnost da se tankovi jednostavno i brzo pune gorivom, da se brod dobro zaštiti od požara, da se i u slučaju požara gorivo nesmetano doprema do strojeva i kotlova, da se tankovima lako prilazi radi čišćenja i uzdržavanja. Broj pregradaka u tanku treba da je što manji. Veličina tankova ovisi o dužini putovanja. Da bi se izbjegle velike slobodne površine, uzdužna pregradivanja ili niske pregrade (pljuskače), bolje je da su tankovi uski.

Analogni su i kriteriji za tankove pitke, slatke i pojne vode. Veličine tih tankova ovise o dužini putovanja, broju ljudi, ugrađenoj snazi i broju ugradenih evaporatora. Obavezna su najmanje dva neovisna tanka pitke vode, a njihova izvedba i njihov smještaj su propisani (v. Oprema broda u ovom članku). Pri određivanju volumena tankova goriva uzima se u obzir bar 5%

volumena za ekspanziju. Zbog konstruktivnih dijelova unutar tankova računa se sa smanjenjem brutto volumena za ~2%.

Nastambe posade. Posebnim je propisima reguliran način smještaja brodske posade. Na suvremenim brodovima nastoji se smještajem boljim od propisanoga i od odgovarajućeg smještaja na kopnu privući posada na brod. Problem nastambi posade nije uvijek jednostavan, naročito na putničkim brodovima gdje treba smjestiti velik broj ljudi različitih dužnosti i službi u ograničeni prostor preostao nakon smještaja i rasporeda putnika. Veličina i oprema nastambi treba da osiguraju posadi održavanje dobre fizičke kondicije, a smještaj nastambi mora omogućiti lak pristup do radnog mjesta.

Pomorske vlasti izdaju propise o smještaju posade navodeći minimalnu površinu i volumen po osobi, maksimalni dozvoljeni broj članova posade u jednoj prostoriji, minimalne uvjete za pranje, broj zahoda, veličinu i opremu blagovaonica i prostorija za rekreaciju, način grijanja, zračenja i osvjetljenja. U propisima su nabrojeni i prostori nepogodni za smještaj posade. Na putničkim brodovima nastambe posade i pristupni hodnici moraju biti odijeljeni od putničkih. Bolnicu s ambulantom treba smjestiti na mirna i zračna mesta, daleko od buke, zagadenog zraka, nečistoće i pretjeranih vibracija.

Prostorije za upravljanje brodom. Kormilarnica mora biti smještena dovoljno visoko na mostu da bude osiguran dobar pregled preko pramca uz bilo kakvu pretegu broda. Poželjno je da se s mosta vidi cijeli horizont a da nije potrebno izlagati se nevremenu. Veličina kormilarnice ovisi o količini instrumenata i o broju ljudi potrebnih za održavanje službe. Prevelika kormilarnica nije prikladna. Navigacijska kabina smještena je uz kormilarnicu, kako bi bila lako pristupačna časniku na straži radi kontrole i uvida u nautičke karte. U neposrednoj blizini navigacijske kabine i kormilarnice treba da su i radio-kabina, prostorija s radarom i eventualno s uređajem za automatsko kormilarenje. Na nekim suvremenim brodovima sve ove službe su u istom prostoru, odijeljene pregradama preko kojih čovjek stječe može gledati, što pruža komandantu dobar pregled nad svim službama i laku kontrolu rada svakog pojedinca. U kormilarnici je ručno kormilarsko kolo, a kormilarski stroj je smješten na krmi iznad osovine kormila. Komanda od kormilarnice do kormilarskog stroja provodi se telemotorom.

U blizini kormilarnice nalazi se obično kabina za peljara i nužnik za osoblje na straži.

Sidreni stroj s okolnim prostorom na kojem rade mornari treba zaštititi dovoljno visokim punim ogradama (linicama) protiv vjetra i prskanja valova.

Treba predvidjeti dovoljno slobodnog prostora za rad prilikom sidrenja, dizanja sidra i privezivanja ili odvezivanja broda.

Da bi troškovi gradnje broda bili što niži, broj i veličina brodskih prostorija ne smiju biti veći nego što to zahtijeva funkcionalnost broda. Troškove gradnje povećava i suvišna oprema, nepotrebno velik broj pregrada i stubišta, krivudavi i dugi hodnici, liftovi itd. Zato generalnim planom treba predvidjeti raspored prostorija i opreme kojim se osigurava puna funkcionalnost broda uz najmanju moguću prostornost, najkraće saobraćajnice, najkraće cijevne i električne vodove, a bez suvišnih uređaja i prostorija.

Provjeravanje težina i položaja težišta

Provjeravanje težinâ. U prethodnim računima prvi put su težine bile odredene u postocima istisnine, zatim drugi put na osnovu dimenzija broda prema sličnim brodovima. Kad je generalni plan provizorno razrađen, treba po treći put provjeriti težine (čija suma mora biti jednak istisnini), momente i uzdužni i vertikalni položaj težišta sistema broda.

Težina trupa. Težina čelika u trupu obuhvaća, osim svih nosivih dijelova konstrukcije, još i sve pregrade (poprečne nepropusne i obične uzdužne u skladištima), galerije, fundamente, itd.

Prethodna skica glavnog rebra vrlo dobro služi za procjenu težina konstrukcije trupa i za određivanje težišta. Izračuna se težina za 1 metar dužine svakog pojedinog elementa konstrukcije i odredi se položaj težišta za 1 metar dužine konstrukcije trupa. Izračunatoj težini doda se u postocima procijenjeni dodatak za

stičnice, zakovice, elektrovarove, itd. Za polovinu dužine broda ($0,25 L$ prema pramcu i prema krmi od glavnog rebra) bit će težine pojasa dugog 1 metar proporcionalne dužini rebra jer se na ovoj dužini ne mijenjaju debeline konstruktivnih elemenata. Prema krajevima se debljine elemenata trupa reduciraju, a težina se opet može procijeniti za dužine od 1 metra na pojedinim mjestima. Uzme li se dužina broda kao os apscisa pa se na odgovarajućim mjestima u nekom mjerilu kao ordinate nanesu izračunate težine, tada je površina ispod krivulje jednak težini čelične konstrukcije, a apscisa težišta površine odgovara položaju težišta trupa. Analognim načinom dolazi se i do položaja težišta po visini. Posebno još treba izračunati težine konstruktivnih dijelova koji nisu prikazani nacrtom glavnog rebra pa su izostavljeni prednjim računom. To su: poprečne pregrade, palube kojih nema na glavnom rebru, fundamentali, izdanci, statve, kormila i ostalo.

Težina opreme. Težine mnogih dijelova opreme mogu se tačno odrediti prema težinama sličnog broda ili prema podacima iz prospakata proizvođača. Tu spadaju uredaji za kormilarenje i sidrenje, različni cijevni sistemi, ventilacija, sanitarni uredaji i slično. Za sve se ove težine s dovoljno sigurnosti može odrediti i položaj težišta prema rasporedu na generalnom planu broda. Duhovit projektant pronalazi načine i putove za određivanje težina i položaja težišta pojedinih težinskih grupa i njihovih dijelova. Preporuča se pripremiti ranije, prema nekom drugom brodu, popis opreme pa ići redom, da se ne bi što izostavilo.

Težine pogonskih strojeva. Težinu i položaj težišta svakog važnijeg stroja navodi proizvođač u prospakima, a po potrebi mogu se odrediti i prema sličnom brodu. Iz prethodnog rasporeda mašinskog prostora mogu se za svaki stroj odrediti vertikalni i uzdužni momenti s obzirom na glavno rebro ili osnovku, a time i težište mašinskog postrojenja. Smještaj je balasta predočen na generalnom planu, pa nije teško odrediti njegovo težište. Težina balasta mora odgovarati težini uzetoj u proračunu istisnine broda. Treba uzeti u obzir i rezervu istisnine pretpostavljenu u ranijim proračunima. Za težište rezervne istisnine može se pretpostaviti da se podudara s težištem sistema broda.

U ukupnu nosivost (deadweight) spada koristan teret, gorivo, voda, zalihe i posada. Položaj se težišta odredi za nekoliko slučajeva ukupne nosivosti, i to jednom za manju količinu goriva a veću težinu korisnog tereta, a drugi put za obratan slučaj: za maksimalnu predvidivu težinu goriva i na odgovarajući način smanjenu težinu tereta.

Težine tankova. Za velike tankove dvodna uzima se da na konstruktivne dijelove unutar tanka otpada 1 do $1\frac{1}{4}\%$ volumena, a za manje tankove gubitak volumena je 2 do $2\frac{1}{4}\%$. Posebno treba uzeti u obzir volumen spiralnih cijevi za grijanje i ostale cijevi koje prolaze tankovima. Obično se uzima da je u skladistištu homogen teret sa takvom specifičnom težinom da on potpuno ispunjava skladište odgovarajuće prostornosti, pa se težište tereta podudara s težištem skladišta. Vjerojatno će težište tereta biti niže, jer je teret ili specifično teži ili ga nije moguće jednolikno slagati sve do vrha skladišta.

Kontrola položaja težišta. Već se prethodnim računanjima težina i momenata dolazi do pouzdanog uvida o gazu i o pretezi. Projektant je dužan za sve slučajeve opterećenja broda odrediti položaj težišta sistema broda i pretegu uslovljenu horizontalnom udaljenošću težišta istisnine i težišta sistema broda. Položaj težišta istisnine je odabran tako da bude najpovoljniji s obzirom na otpor, pa treba nastojati rasporedo težina dovesti težište sistema u istu vertikalnu. Jedino ako se u tome nikako ne uspijeva, treba mijenjati formu broda i promjenom položaja težišta istisnine dovesti brod u ravnotežu. U tom je slučaju potrebno provjeriti promjene u otporu i stabilitetu izazvane promjenom položaja težišta istisnine.

Već u prvim stadijima razrade projekta treba provjeriti potrebnu količinu balasta za sigurnu plovidbu kad je brod prazan. Za trgovačke brodove traži se obično da bude dovoljan gaz na krmi (dovoljno uronjen brodska vijak i kormilo) i da pramac ne izranja iz vode, jer to otežava kormilarenje, naročito na nemirnu moru pri jačem vjetru. Na teretnim brodovima su donje vodne linije na krmi obično oštriye nego na pramcu pa je težište istisnine ispred glavnog rebra. Fiksne težine (trup + stroj) imaju redovito težište iza glavnog rebra što za prazan brod znači krmenu

pretegu (zategu). Pri tovarenju praznog broda redovna je pojava da se težište istisnine pomiče prema krmi a težište sistema brod + teret prema pramcu — što odgovara formi broda. Sve ovo treba pri razradi konkretnog projekta provjeriti.

Projektant ne može u znatnijoj mjeri mijenjati vertikalni položaj težišta. Suvremeni brodovi, naročito putnički, imaju visoka nadvoda i nadgrada što nužno dovodi do visokog težišta sistema broda i male metacentarske visine. Kod putničkih brodova može se u stanovitoj mjeri tome pomoći lakin aluminijskim nadgradama. Prednost je suvremenih brodova što se gorivo smješta u tankove dvodna.

Iskustvom se došlo do nekih činjenica važnih za projektanta: a) položaj težišta broda iznad kobilice, KG , određen pokusima nagiba izgrađenog broda redovno je viši nego KG proračunat tokom projektiranja; b) stvarna je metacentarska visina broda manja od projektirane; d) sa starošću broda smanjuje se metacentarska visina. Razlog je tome što na stvarnom brodu dolaze do izražaja slobodne površine neizbjegive u tankovima i što stariji brodovi bivaju teži, naročito u gornjim dijelovima, zbog bojdisanja, ugradivanja nove opreme, rekonstrukcijā nadgrađa itd.

Prazan trgovачki brod ima visoko nadvode pa mu ne smeta mala metacentarska visina, čak znatan broj praznih trgovacačkih brodova ima negativnu početnu metacentarsku visinu. Da bi se snizilo težište broda, najpogodnije je oduzimati težinu u gornjim dijelovima broda: jarbolje, dimnjake, sohe, čamce, nadgrada, i zamijeniti ih lakšima. Treba što je više moguće izbjegavati snažavanje težišta broda krcanjem balasta u donjim dijelovima broda.

Za putničke brodove Konvencija o sigurnosti života na moru dozvoljava u nekim iznimnim slučajevima i malu negativnu početnu metacentarsku visinu uz uvjet da kut nagiba ne pređe 7° .

Konačna razrada projekta

U fazi preprojekta od konstruktivnih nacrta dovoljan je nacrt glavnog rebra s predočenim glavnim principima konstrukcije i dimenzijama glavnih konstruktivnih elemenata broda. U definitivnu razradu projekta broda spadaju i glavni konstruktivni nacrti tipičnih rebara, pregrada, paluba, uzdužne konstrukcije, dvodna, konstrukcija krajeva — pramca i krme — oplate i nadgrada, nadopunjeni detaljnim opisima. Ovi nacrti s opisima su dovoljni za proračun troškova gradnje, ali oni još nisu dovoljno detaljni da bi radnici po njima mogli pripremati i obradivati elemente konstrukcije broda. U tu svrhu služe znatno detaljnije razrađeni radni nacrti s predočenim pojedinim tipičnim detaljima konstrukcije brodskog trupa. Isto važi i za opremu, uredaje, cijevne sisteme i ostale grupe. Znatan dio posla pri razradi radnih nacrta pojednostavljuje se ponavljanjem detalja iz nacrta ranije izvedenih brodova. Uprkos tome razrada radnih nacrta zahtijeva velik broj radnih sati uz vrlo dobru organizaciju i pomnu evidenciju. Svi su planovi međusobno povezani, oni se i nadopunjaju, pa treba paziti na to da se podudaraju.

Prvi prethodni nacrt linija, kao i prve skice generalnog plana, izvode se u nekoliko varijanata pregledno u malom mjerilu. Za razradu detaljnijih nacrta uredaja i konstrukcije trupa i za pouzdani proračun podataka za dijagramski list i za računanje stabiliteta potrebne su linije u većem mjerilu. Linije se u ovom većem mjerilu (kao i konačno trasiranje broda u naravnoj veličini u crtari) izvode na isti način: najprije se ucrtaju rebara, zatim prema njima vodne linije, onda se usklade rebara s vodnim linijama, pa se ucrtaju vertikale i dijagonale (širnice) i sve pomno uskladi i dotjera. Po dovršenom nacrtu linija pripreme se očitanja rebara i vodnih linija potrebna za računanje podataka dijagramskog lista, za računanje stabiliteta i za ostale potrebe.

Vrlo se rijetko istisnina izračunata pomoću ovih konačnih linija u velikom mjerilu podudara s ranije određenom istisninom. Važno je da u bilo kojem stadiju razrade projekta i bilo kojim putem odredena istisnina bude uvijek, u stanovitim granicama, veća od sume težina. Razlika između veće istisnine i manjih težina smatra se rezervom istisnine. Ona služi kao ispravak eventualnih grešaka u računanju. U slučaju da nije bilo greške u proračunu, što je praktično gotovo isključeno, onda rezerva istisnine znači brod s nosivošću većom od tražene.

Jednako je važna tačna procjena pojedinih težina. U slučaju nesigurnosti bolje je računati s nešto većim težinama. Ako stvarno ugradene težine budu manje od računski predviđenih, brod će imati nosivost veću od tražene, troškovi gradnje broda bit će manji od predviđenih, tj. manji od troškova gradnje procijenjenih na osnovu težina predviđenih prije početka gradnje, u pretprojektu. Važi pravilo da je nedovoljan stabilitet daleko opasniji od prevelikog, ali treba izbjegavati i preveliku metacentarsku visinu pri malim kutovima nagiba, i to naročito kod putničkih brodova, tankera i brodova za prevoz rude.

Tokom prve razrade generalnog plana odrede se i usporede prostori namijenjeni za različne svrhe. U toj se fazi još detaljnije ne razrađuje oprema ni uređaji tih prostora, nego se određuje jedino njihova veličina. Pri razradi generalnog plana, koji služi za određivanje troškova gradnje, za specifikaciju opreme i za ostale obveze prema naručiocu, treba mnogo detaljnije razraditi uređaje i opremu svih prostora. Tada je već potrebno jasno označiti tip i vrstu pregradnih zidova, uređaj i tipičnu opremu kabina, raspored kreveta, uređaje javnih prostorija, sanitarnu opremu, opremu i raspored u mašinskom prostoru itd. Konačna razrada generalnog plana zahtjeva mnogo rada. Dogodi se da tokom razrade generalnog plana neka ranije predviđena prostorija ili razmještaj prostorija ne zadovoljava. U slučaju izrade novog rasporeda i provedbe potrebnih izmjena nastoji se zadržati položaj težišta broda po visini i po dužini.

Pri razradi konstruktivnih nacrta trgovackih brodova uzimaju se dimenzije konstruktivnih elemenata prema propisima klasifikacionih društava, ali je preporučljivo i pri izradi generalnog plana ovih brodova, bar za neke kritične slučajevе, provesti račun čvrstoće.

Na brodu postoje brojni sistemi cijevnih vodova za razne vrste tekućine, ventilaciju i grijanje kao i mnogobrojni električki kabeli (v. Oprema broda u ovom članku i *Brodska elektrotehnika*). Pri razradi projekta nastaje se na istom planu prikazati shematski svi sistemi cijevi, svi električki kabeli, svi vodovi ventilacije i grijanja. Tako se dobiva uvid u razne vrste vodova koje treba provesti kroz određene prostorije, pa se može odabrati najpogodniji način njihova provođenja. Radni nacrti sistema razrađuju se kasnije. Na modernim brodovima sistemi cijevi i kabelski vodovi postali su toliko mnogobrojni i složeni da ih je ponekad vrlo teško pravilno rasporediti samo pomoću shematskih crteža. Zato se u novije vrijeme počinju upotrebljavati i modeli dijelova broda u koje se postave cijevni i električni vodovi tako da ne smetaju ni jedni drugima ni ostalim brodskim uređajima, pa se konačni nacrti svakog pojedinog sistema presnime sa modela.

Razrađeni projekt mora sadržavati sve podatke potrebne za proračun troškova gradnje broda, a osim toga mora dati potpuno jasnu sliku broda i brodograditelju i brodovlasniku. Pojedinosti nedovoljno jasne na generalnom planu treba objasniti posebnim opisima i specifikacijama. U sastav projekta spada redovno, uz generalni plan, također specifikacija trupa, opreme i uređaja, pogonskih strojeva i električke opreme. Brodogradilišta imaju štampane specifikacije izgrađenih brodova koje služe kao podsjetnik pri razradi specifikacija novih brodova.

S. Šilović

GRADNJA RRODA

Proces građenja broda može se podijeliti na ove faze: pripremne radove, obradu građevnih dijelova trupa i predfabriciranje sklopova (sekcija), izgradnju (montažu) trupa, predaju broda vodi, opremanje broda, primopredaju broda, završne i garantne radove.

Pripremni radovi

Prije početka stvarne gradnje broda, tj. prije početka obrade materijala u radionicama, treba obaviti obimne pripremne radove. Ti radovi obuhvataju: izradu tehničke dokumentacije (teorijskih proračuna, projektnih nacrta, tehničkog opisa i nacrtu prema zahtjevima klasifikacionih društava, radioničkih nacrta, specifikacije materijala i tehnoloških uputstava za gradnju); planiranje nabavki materijala, strojeva i opreme; sastavljanje komercijalnih specifikacija; traženje ponuda; analizu ponuda; narudžbe materijala, uređaja i opreme; planiranje uskladištenja materijala

i opreme; planiranje izgradnje trupa, ugradnje strojeva i opreme; izradu radioničke dokumentacije (radnih listova, radioničkih nacrta, tehnoloških uputstava, izdatnicu materijala).

O kvalitetu pripremних radova i o njihovom pravovremenom dovršenju ovisi trajanje gradnje broda. Smatra se da je brodogradilište dobro organizirano ako su pripremni radovi za neki brod dovršeni do momenta polaganja kobilice broda, odnosno do polaganja prve sekcije na dilj.

Obrađa građevnih dijelova trupa prije ugradnje na dilju

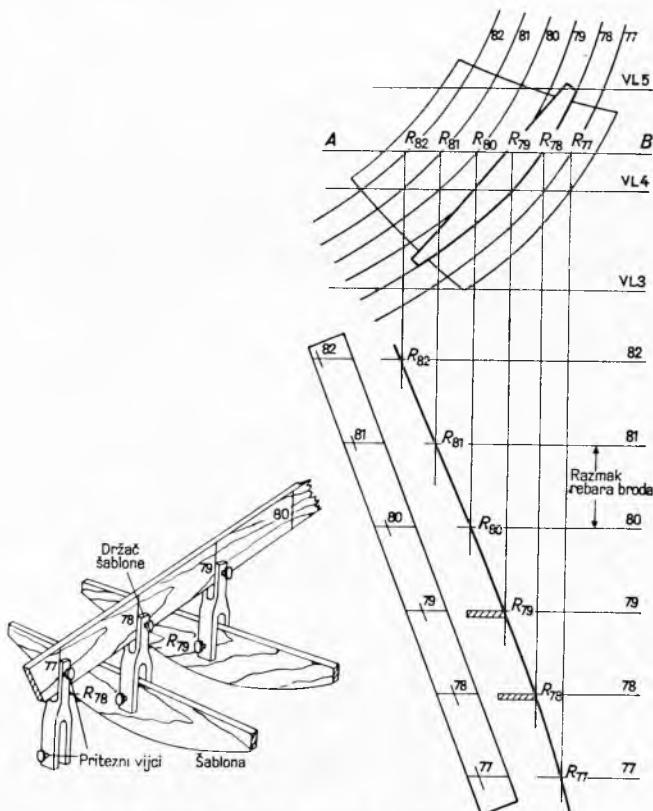
U brodograđevnom odjeljenju brodogradilišta obrađuju se građevni dijelovi trupa i zatim spajaju u sekcije. Ta faza gradnje broda obuhvata trasiranje, izradu šablona i blok-modela, označivanje limova i profila, obradu limova i profila, predfabriciranje sekcija.

Trasiranje. Izrada šablona i blok-modela. U pravoj veličini se trasira iscrtavanjem brodskih linija u mjerilu 1:1 na drvenom podu crtare, bilo urezivanjem linija u izblanjeni pod, bilo crtanjem tušem na bojadisanom podu.

U crtari se linije crtaju prema podacima dobivenim iz tehničkog ureda. To su redovno numerički podaci prikazani u tablici očitanja, a predstavljaju koordinate sjecišta teorijskih rebara s vodnim linijama, okomicama i eventualno širnicama. Umjesto teorijskih rebara, kojih ima 10 ili 20, u crtari se na nacrtu rebara crtaju stvarna rebra, a tih je znatno više. U tom nacrtu, osim rebara, nacrtaju se i šavovi vanjske oplate, linija palube, linija rubne ploče dvodna i niz drugih detalja. Nacrt rebara služi za izradu šablona i određivanje detalja obrade limova i profila.

Prema linijama broda trasiranim u crtari uzimaju se podaci za knjigu izmjera. Knjiga izmjera sadrži sva očitanja trasiranih linija, a služi konstrukcijskom uredu pri izradi nacrta pojedinih strukturnih dijelova trupa, zatim za definiranje dijelova forme broda na mjestima gdje dolaze ždrijela sidara i drugi okovi na vanjskoj oplati, a eventualno i za ponovno trasiranje istih linija nakon dužeg vremena.

Šabline se izrađuju od tankih dasaka, ukočenih ploča, ljevenke, kartona ili tankog lima. Pomoću šablona se na limu ili profilu označi obris građevnog dijela, raspored i dimenzije rupa



Sl. 1. Podesiva prostorna šablon za kontrolu savijanja lima