

te operacije skopčane s dizanjem i spuštanjem plutača. Velike plutače sa sidrima i lancima teške su nekoliko tona, a potrebna je i dodatna sila da se iz morskog dna izvuku sidra plutača. Za dizanje i spuštanje plutača brod ima snažnu dizalicu kapaciteta 10...20 Mp.

Brod može dizati plutače ili preko boka ili preko pramca. Velika većina brodova diže plutače preko boka. Dizalica za plutače je obično na pramcu ispred spremišta plutača. Moderni brodovi imaju okretne dizalice s električkim pogonom, kojima je brzina dizanja 15...20 m/min (sl. 3). Pogonski motor je često smješten ispod palube. Poseban uređaj drži užu kuke dizalice stalno napeto da se kuka ne otkvači kad se brod ljulja na valovima. Ponekad brodovi za polaganje plutača, naročito manji, nemaju okretnu dizalicu, već pomoću samarica rukuju plutačama. Takvi brodovi imaju obično po dva jarbola sa samaricama; jedan jarbol je ispred nadgrađa a drugi ispred spremišta plutača.

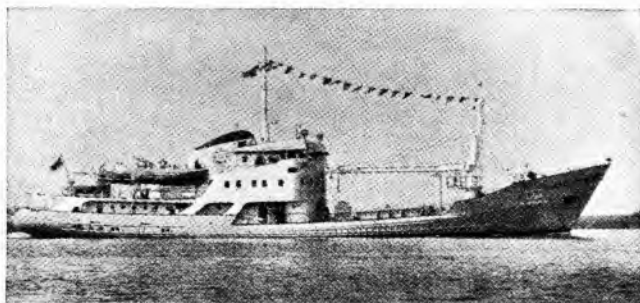
Brodovi koji dižu plutače preko pramca imaju jako povišen i izbačen pramac (sl. 4). Za dizanje plutača služi vitlo i koloturivodilice raspoređeni duž palube i na vrhu pramca; preko njih prelazi čelik-čelo sa kukom na kraju.



Sl. 4. Brod za dizanje plutača preko pramca

Svi brodovi obično preko pramca izvlače sidra plutača ako su se ona dublje zarila u morsko dno. U tu im svrhu služi sidreno vitlo i poseban kolotur na vrhu pramca. Zato su sidrena vitla brodova za polaganje plutača snažnija nego na drugim brodovima slične veličine i mogu razviti vlačnu silu i preko 50 Mp.

Plutače moraju biti dobro usidrene. Da bi se mogla sidra plutača što bolje učvrstiti, neki brodovi za polaganje plutača imaju specijalni uređaj koji pomoću komprimiranog zraka u mor-



Sl. 5. Brod za polaganje plutača »Al-Waleed«;  $L_{pp} = 51,82$  m,  $B = 10,5$  m,  $T = 2,44$  m, snaga pogonskog motora 800 KS, brzina 12 čv

skom dnu buši rupe za sidra. Radi kontrole sidrenja plutača brod je često opremljen i ronilačkom opremom.

Glavne karakteristike modernih velikih brodova za polaganje plutača prikazane su u tablici 1.

### TEGLJAČ

Tegljač (remorker) je specijalan tip broda određen za tegljenje (ili guranje) i spasavanje brodova i ostalih plovni objekata na morima i rijekama i za obavljanje različitih pomoćnih poslova u pristaništima.

Prvi tegljači se pojavljuju početkom XIX st. Prije toga vremena na rijekama i kanalima brodove su teglili ljudi ili konji krećući se po obali, a u lukama su brodovima pomagali pri manevriranju obični veći čamci na vesla. Primičnom parnog stroja za pogon broda stvorena je mogućnost gradnje specijalnih brodova određenih samo za tegljenje. Prvim tegljačem može se smatrati engleski parobrod »Charlotte Dundas«, koji je na prvoj vožnji kanalom Forth-Clyde 1802 teglio dvije teglenice po 70 tona, ali nakon te prve vožnje vlasti su zabranile takav način vuče zbog straha da valovi oštete obale kanala. »Charlotte Dundas« je bio prvi brod opremljen parnim strojem specijalno građenim za brodsku službu. Oko 1832 javljaju se u USA prvi parobrodi koji na rijekama tegle jednu ili više teglenica, a nakon 1840 počinje u Evropi gradnja brodova sa parnim pogonom namijenjenih isključivo službi tegljenja. Već 1870 u USA se osim tegljenja počinje primjenjivati i guranje flotile teglenica. Te je godine izgrađen prvi veliki riječni parobrod-gurač »John A. Woods«, koji je imao pogon kotačem na krmu. Poslije 1900 grade se prvi motorni tegljači s pogonom na semi-dizel ili teški, sporohodni dizel-motor. 1925 sagrađen je u Njemačkoj prvi veliki motorni oceanski tegljač »Seefalke« sa dva pogonska dizel-motora po 900 KS, ali sve do 1935 na tegljačima prevladava je parni pogon. Prednosti dizel-motora i dizel-elektro-pogona pred parnim pogonom došle su do punog izražaja koncem tridesetih godina ovog stoljeća, pa se od tog vremena gotovo potpuno prestaju graditi parni tegljači i prelazi se na motorni pogon. Motorni pogon je omogućio ugradnju većih snaga i većih akcijskih radijus, pa danas već postoje tegljači s pogonskim motorima od preko 5000 KS i s akcijskim radijusom do 1000 sati vožnje. Nakon Drugoga svjetskog rata na evropskim rijekama se počinje pored tegljenja primjenjivati i sistem guranja teglenica, pa se poslije 1950 i u Evropi grade specijalni riječni brodovi-gurači.

Tegljači se mogu podijeliti na morske i riječne. Morski tegljači su mali lučki tegljači i pomoćni tegljači dužine od 20 m, veliki lučki i obalni tegljači dužine od 20 do 38 m, oceanski tegljači i tegljači za spasavanje, dužine preko 35 m. Riječni su tegljači i gurači neograničenog gaza dužine od 12 do 30 m, tegljači ograničenog gaza dužine preko 30 m.

Svaki od tih tipova tegljača ima specifične karakteristike da bi udovoljio svojim specijalnim uvjetima rada. Ali svi tegljači, bez obzira na tip, imaju i određene opće karakteristike, koje ih razlikuju od ostalih vrsta brodova.

Osnovna je karakteristika tegljača da je to jedini tip broda projektiran prvenstveno za to da nosi snažan propulzivni uređaj. Tegljač je u stvari plovceći izvor energije, kojemu je zadatak da pomaže ostalim brodovima pri manevriranju u ograničenom prostoru ili da ih tegli do njihova odredišta. Prema tome, veći dio raspoložive snage tegljač troši na tegljenje, a samo manji dio na vlastiti pogon.

Tegljač mora imati izvrsna manevarska svojstva da bi mogao raditi u često vrlo skučenom prostoru luke i da bi mogao na rijekama, kanalima, uskim prolazima i na uzburkanom moru upravljati tegljem (plovilima koje tegli), čija je dužina i težina često i stotinu puta veća od dužine i težine tegljača.

Tegljači moraju imati dovoljno veliku metacentarsku visinu i velik opseg stabilnosti. Uže za tegljenje je vezano za tegljač uvijek iznad plovne vodne linije, tj. hvatište vučne sile je relativno visoko, pa u izvjesnim uvjetima može doći do prevrtanja tegljača samo uslijed djelovanja vučne sile.

Relativna brzina  $V/\sqrt{L}$  tegljača u slobodnoj vožnji iznosi 1,0...1,4, jednaka je, dakle, relativnoj brzini brzih putničkih brodova, a znatno je veća od relativne brzine običnih teretnih

Tablica 1  
BRODOVI ZA POLAGANJE PLUTAČA

Ime broda	»Walter Körtes«	»Nordens«	»Luceros«	»Rashidahs«	»Majangs«
Zemlja	Njemačka	Njemačka	Venezuela	Iran	Indonezija
Godina gradnje	1958	1953	1959	1962	1963
Glavne dimenzije:					
Dužina preko svega $L_{QA}$ , m	54,8	40,75	45,72	38,4	77,97
Dužina između okomica $L_{pp}$ , m	49,8	37,55	42,67	32,0	71,0
Širina $B$ , m	9,04	8,0	12,8	9,75	13,5
Gaz $T$ , m	3,5	1,95	2,74	2,90	4,50
Bočna visina $H$ , m	—	2,8	4,57	3,35	5,8
Istisnina, m <sup>3</sup>	900	—	—	—	2470
Pogonski uređaj:					
Tip	dizel	dizel	dizel	dizel	parni stroj
Snaga na propellerskoj osovini, KS	1800	650	1600	675	1800
Broj vijaka	1	2	2	2	1
Tip vijaka	prekretna krila	Voith-Schneider	prekretna krila	prekretna krila	normalni
Brzina, čv	14	11	12	9,5	13

brodova i tankera. Zbog toga se tegljači ubrajaju u brze brodove. Iako većini tegljača nije važna velika brzina slobodne vožnje, nego velika vučna sila, ipak su ti brodovi u slobodnoj vožnji brzi jer imaju vrlo snažne strojeve, dimenzionirane za uvjete vuče. U prosjeku specifična snaga pogonskog stroja po toni istisnine iznosi za morske tegljače od 1 do 5 KS/t, a za riječne tegljače od 2 do 5 KS/t.

Pogonski uređaj tegljača izvrnut je naročito teškim uvjetima rada. Ovisno o momentalnim uvjetima u kojim se tegljač nalazi, tj. da li tegli ili gura neki brod ili plovi slobodno bez teglja, režim opterećenja pogonskog stroja se često i znatno mijenja. Stoga čitav propulzivni sistem tegljača mora biti elastičan, otporan na promjene opterećenja i sposoban za brze i česte maneuvre i prekrete.

Za vuču brodova i teglenica tegljači imaju specijalnu opremu, kao što su snažne vučne bitve, kuke za vuču i vučna vitla.

Međunarodni propisi za nadvođe ne odnose se na tegljače jer se ovi smatraju brodovima koji ne prevoze ni putnike ni teret.

### Projektiranje tegljača

Projektiranje tegljača je postalo posebna grana brodogradnje jer, za razliku od većine drugih tipova brodova, tegljač se redovito projektira za potpuno određene uvjete i određeno mjesto rada. Različitost zahtjeva koje tegljač mora zadovoljiti, različitost uvjeta rada i pogonskih uređaja ne dopuštaju da se dođe do nekih općih pravila za osnivanje tegljača. Zato se projekt tegljača izrađuje tako da se na osnovu detaljnog poznavanja službe koju će tegljač obavljati, uvjeta pod kojim će je obavljati i mjesta gdje će je obavljati odabire snaga i vrsta njegova pogonskog stroja, veličina broda i oprema.

Ipak, neke osnovne zahtjeve svi tegljači moraju zadovoljiti bez obzira na njihov tip i namjenu. To su: dovoljan stabilitet u svim uvjetima, izvrsna manevrabilnost, odgovarajuća vučna snaga i dovoljna čvrstoća trupa i opreme.

Pored ovih općih zahtjeva, pri osnivanju treba imati u vidu i specifične zahtjeve za pojedine tipove tegljača. Na rijekama dimenzije tegljača mogu biti ograničene dubinom rijeke, dužinom ustava i visinom mostova. O konfiguraciji rijeke ovisit će način tegljenja ili guranja teglenica, a time i vrsta opreme za tegljenje i njezin razmještaj.

Lučki tegljači ne smiju biti duži od 35 m da bi mogli dobro manevrirati u skućenom prostoru luke. Oni moraju imati i dobra maritimna svojstva, jer često rade ispred ulaza luke pa treba da odolijevaju valovima i nevremenu. Služba ovih tegljača sastoji se uglavnom u tome da pomažu kod pristajanja i isplavlivanja velikih brodova, pri čemu tegljač tegli brod na kratkom vezu ili ga potiskuje pramcem ili krmom. Takav način rada iziskuje pojačanu konstrukciju pramca i krme tegljača, iz kormilarnice mora biti dobra vidljivost na sve strane, uređaj za tegljenje mora omogućivati različite položaje vučnog užeta, a oko čitavog broda treba da budu smješteni elastični odbojници.

Obalni tegljači treba da imaju dobra maritimna svojstva, dovoljno otvora na palubnoj ogradi, dovoljno velike tankove goriva i slatke vode, odgovarajuća skladišta hrane i zaliha za predviđeni akcijski radijus.

Oceanski tegljači i tegljači za spasavanje redovito nemaju ograničene dimenzije. Od njih se zahtijeva velika snaga, veliki akcijski radijus i izvrsna maritimna svojstva. Zato moraju imati velike zalihe hrane i goriva, a s obzirom na to da ostaju dugo na moru, posebnu pažnju treba posvetiti smještaju posade. Uređaj za tegljenje mora biti prilagođen vuči na dugom vezu i mora prigušivati nagle trzaje u vučnom užetu za vrijeme plovidbe po uzburkanom moru. Oceanski tegljači, a naročito tegljači za spasavanje, treba da imaju veliku brzinu u slobodnoj vožnji.

**Proračun glavnih dimenzija i snage pogonskog stroja tegljača.** Izrada projekta tegljača počinje na osnovu zahtjeva brodovalnika, kojim je ili specificirana sila vuče na stupu ili maksimalna brzina broda u slobodnoj vožnji. I u jednom i u drugom slučaju može biti postavljeno i ograničenje dužine i gaza broda. Ako je zadana sila vuče na stupu  $F_S$ , može se za tegljač normalne forme odrediti u prvom približenju snaga pogonskog stroja  $P_B$  pomoću ovih empirijskih formula:

a) za tegljač s običnim propelerom, snaga pogonskog stroja veća od 300 KS:

$$F_S = (0,0109 P_B + 2) \cdot 1,016, \quad (1)$$

b) za tegljač s propelerom u sapnici:

$$F_S = 0,01778 P_B, \quad (1a)$$

c) za tegljač s Voith-Schneiderovim propelerom:

$$F_S = 0,01178 P_B. \quad (1b)$$

Za tegljače s formom trupa Hydroconic i običnim propelerom odnos između sile vuče na stupu  $F_S$  i snage pogonskog stroja  $P_B$  izražen je formulom:

$$F_S = 0,0166 P_B. \quad (1c)$$

U svim formulama sila vuče na stupu  $F_S$  izražena je u megapondima, a snaga pogonskog stroja  $P_B$  u konjskim snagama.

Za poznatu snagu pogonskog stroja dobivaju se u prvom približenju glavne dimenzije tegljača u metrima iz ovih formula:

$$L_{PP} = (45 + \sqrt{2,53 P_B - 300}) \cdot 0,3048, \quad (2)$$

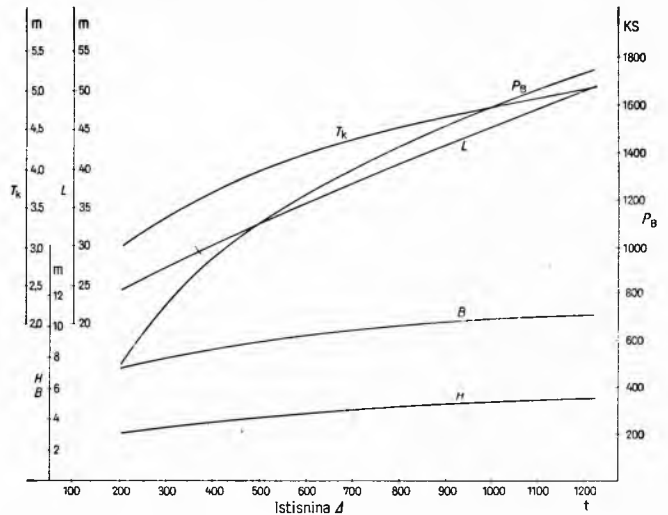
$$B = 0,285 L_{PP}; \quad H = 0,14 L_{PP}; \quad T = 0,4 B, \quad (3, 4, 5)$$

gdje je  $L_{PP}$  dužina tegljača između okomica,  $B$  širina tegljača,  $H$  bočna visina tegljača,  $T$  srednji gaz tegljača.

Ako je zadana brzina tegljača u slobodnoj vožnji (u čvorovima), dužina se može odrediti u prvom približenju pomoću formule:

$$V = \left( \frac{L_{PP} - 30}{30} \right)^2 + 8,5, \quad (6)$$

gdje je  $L_{PP}$  dužina između okomica u stopama. Ostale glavne dimenzije tegljača odrede se iz jednačbi (3), (4) i (5), a koeficijent istisnine  $\delta$  iz jednačbe (14), pa se u prvom približenju izračuna i istisnina tegljača. Odgovarajuća snaga pogonskog stroja približno se odredi prema nekom sličnom izgrađenom tegljaču, za koji postoje podaci, a može se dobiti i analizom otpora tegljača prema nekom od serijskih dijagrama za proračun otpora broda (dijagrami Taggarta, Taylora ili Ayrea).



Sl. 1. Odnos glavnih dimenzija i snage morskih tegljača

Ako je zadana sila vuče  $F_S$  pri nekoj određenoj brzini tegljača, snaga pogonskog stroja  $P_B$  (u KS) može se približno izračunati iz iskustvene formule:

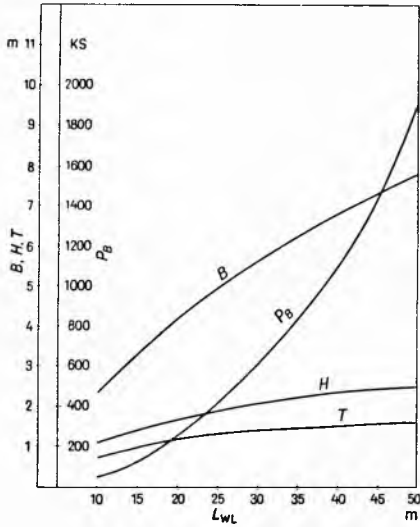
$$P_B = k \frac{V F_S}{223,4}, \quad (7)$$

gdje je  $k = 1,1$  za dizel-motor direktno vezan s propelerskom osovinom,  $k = 1,25$  za dizel-elektro-pogon,  $V$  brzina tegljača u čvorovima,  $F_S$  vučna sila pri brzini  $V$ , u kilopondima.

Sl. 1 prikazuje prosječni odnos između glavnih dimenzija, istisnine i snage pogonskog stroja za evropske tipove morskih tegljača, pa može također poslužiti u preliminarnom proračunu tegljača.

Proračun glavnih dimenzija i snage pogonskog stroja riječnih tegljača znatno je složeniji nego morskih tegljača zbog brojnih ograničenja uvjetovanih konfiguracijom plovnog puta, specifičnim uvjetima rada i akcijskim radijusom. Zbog ograničenog gaza riječni tegljači često imaju veći broj propelera (i do 4) smještenih

u tunelu na krmi, što sve utječe na oblik i veličinu trupa tegljača. Zato je za riječne tegljače vrlo teško dati pravila za određivanje glavnih dimenzija i snage pogonskog stroja, pa se projekt redovito izrađuje na osnovu podataka o sličnom već izgrađenom uspješnom tegljaču iste namjene.



Sl. 2. Odnos glavnih dimenzija i snage riječnih tegljača

Za grubu orijentaciju u prvom približenju mogu se izračunati glavne dimenzije (u metrima) riječnog tegljača sa snagom pogonskog stroja od 200 do 1600 KS iz ovih formula:

$$\text{dužina na vodnoj liniji: } L_{WL} = \sqrt{1,365 P_B + 51,4}, \quad (8)$$

$$\text{širina: } B = \sqrt{1,435 L_{WL} - 11}, \quad (9)$$

$$\text{bočna visina: } H = \sqrt{0,133 L_{WL}}. \quad (10)$$

Za riječne gurače sa snagom pogonskog stroja preko 400 KS glavne dimenzije se u grubom približenju dobivaju iz ovih formula:

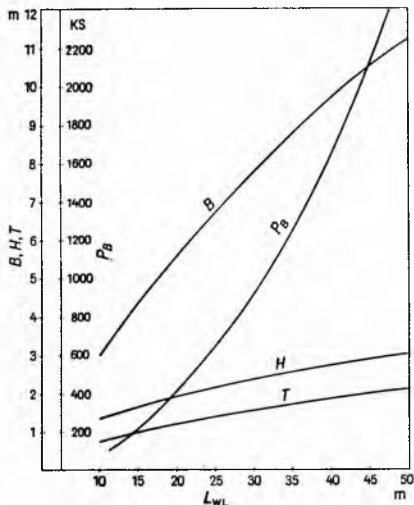
$$\text{dužina na vodnoj liniji: } L_{WL} = \sqrt{0,975 P_B}, \quad (11)$$

$$\text{širina: } B = \sqrt{3,13 L_{WL} - 31,2}, \quad (12)$$

$$\text{bočna visina: } H = \sqrt{0,198 L_{WL} - 0,31}. \quad (13)$$

U sl. 2 i sl. 3. prikazan je približan odnos između glavnih dimenzija i snage pogonskog stroja riječnih tegljača i gurača.

**Otpor i oblik trupa tegljača.** Snaga potrebna za svladavanje otpora samog tegljača za vrijeme tegljenja predstavlja tek vrlo mali dio od ukupne snage koju razvija tegljač, pa karakteri-



Sl. 3. Odnos glavnih dimenzija i snage riječnih gurača

stike forme trupa tegljača imaju mali utjecaj na brzinu tegljenja. Zato se pri projektiranju linija trupa tegljača koji veći dio vremena provode tegleći ili ploveći samo malom brzinom (lučkih tegljača) glavna pažnja posvećuje što boljoj sposobnosti vuče i manevrabilnosti broda. To znači da forma trupa mora osigurati jednoliko pritjecanje vodene mase propeleru i kormilu, što se postiže ostrim oblikom podvodnog dijela krme s blago skošenim i ravnim okomicama.

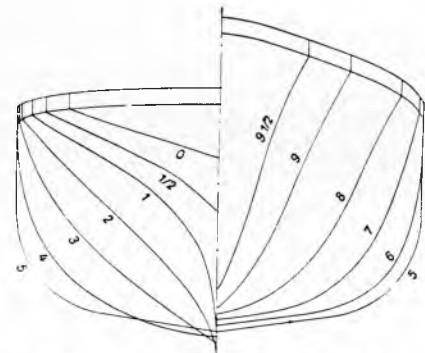
U slobodnoj vožnji tegljač ima veliku relativnu brzinu  $V/\sqrt{L}$ , pa oblik trupa bitno utječe na veličinu otpora broda. Zbog toga je potrebno da oblik trupa tegljača koji često plove maksimalnom brzinom, osim što je povoljan za vuču i manevrabilnost, u slobodnoj vožnji ima što manji otpor. Za nizak otpor tegljača i dobra manevarska svojstva odgovaraju ove karakteristike forme trupa:

Prizmatički koeficijent  $\varphi$  treba da je između 0,58 i 0,60, a za tegljače za spasavanje, kojima je brzina u slobodnoj vožnji primarna,  $\varphi$  mora biti nešto viši, do 0,65. Koeficijent istisnine  $\delta$  morskih tegljača se kreće od 0,45 do 0,55, a za nizak otpor povoljnije su više vrijednosti  $\delta$ . Najpovoljnija vrijednost ovog koeficijenta za brzinu slobodne vožnje dobiva se iz izraza:

$$\delta = 1,08 - \frac{V}{2\sqrt{L_{WL}}}, \quad (14)$$

gdje je  $V$  brzina tegljača u slobodnoj vožnji, u čvorovima,  $L_{WL}$  dužina tegljača na plovnoj vodnoj liniji, u stopama.

Tegljači kojima je brzina slobodne vožnje bitna, kao što su tegljači za spasavanje, treba da imaju koeficijent istisnine  $\delta$  veći od 0,50. Koeficijent glavnog rebra  $\beta$  ima toliki utjecaj na otpor koliko utječe na prizmatički koeficijent  $\varphi$ . Većinom se vrijednost koeficijenta  $\beta$  kreće između 0,75 i 0,85. Koeficijent vodne linije  $\alpha$  treba da je između 0,68 i 0,73.



Sl. 4. Plan rebara obalnog morskog tegljača;  $L = 33,5$  m,  $B = 8,8$  m,  $T_s = 4,4$  m

Navedene vrijednosti koeficijenta forme trupa vrijede uglavnom za morske tegljače, a mogu znatnije odstupati za pojedine tipove riječnih tegljača, kao što su tegljači s krmenim tunelima, tegljači s naročito malim gazom, tegljači s pogonom na kotače i tegljači koji prevoze i koristan teret. Tako riječni tegljači ograničenog gaza imaju znatno veći koeficijent istisnine  $\delta$  nego morski tegljači i punije glavno rebro.

Linije pramca tegljača treba da su što oštrije. Povoljno je da polovica pramčanog kuta plovne vodne linije bude  $\sim 20^\circ$ , a po mogućnosti još i manje. Plovna vodna linija treba da je na pramcu oštra s blagim prelazom u srednji dio trupa, a na krmi što šira radi bolje zaštite propelera. Ispod plovne vodne linije krma treba da se zaoštava, pa su vodne linije na tom dijelu oštre i imaju S-formu, čime se propeleru osigurava dovoljno vode.

Najpovoljniji položaj težišta istisnine je iza glavnog rebra. Međutim, zbog oštrog podvodnog dijela krme taj položaj je redovito nemoguće postići, pa treba nastojati da težište istisnine bude bar što bliže glavnom rebro. Za morske tegljače najpovoljniji položaj težišta istisnine može se odrediti iz formule:

$$p = 3 \left( 0,825 - \frac{V}{\sqrt{L}} \right)^{1/2}, \quad (15)$$

gdje je  $p$  udaljenost težišta istisnine od glavnog rebra u postocima dužine broda  $L$  (pozitivna vrijednost  $p$  znači da je težište istisnine

ispred glavnog rebra, a negativna da je težište istisnine iza glavnog rebra),  $V$  brzina tegljača u čvorovima,  $L$  dužina tegljača u stopama. Tipičan plan rebra obalnog morskog tegljača od 33,5 m dužine prikazan je na sl. 4.

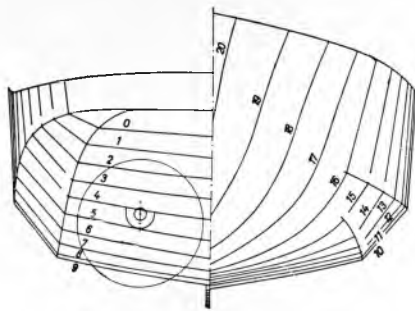
God. 1954 objavio je Roach dijagrame za proračun preostalog otpora tegljača. Pomoću tih dijagrama može se u preliminarnom proračunu odrediti otpor tegljača i analizirati kako se odražava promjena pojedinih parametara forme trupa na promjenu otpora broda. Otpor morskih jednovijčanih tegljača, za brzine manje od ekonomične, može se približno odrediti i pomoću Taylorovih standardnih dijagrama ili pomoću Ayreova dijagrama otpora jednovijčanih brodova. Ekonomična brzina tegljača na dubokoj vodi (u čvorovima) data je formulom:

$$V_{ek} = 1,7 \left( L_{PP} - \frac{\Delta}{A_M} \right)^{1/2}, \quad (16)$$

gdje je  $\Delta$  istisnina tegljača, u kubnim stopama,  $A_M$  površina glavnog rebra, u kvadratnim stopama,  $L_{PP}$  dužina tegljača između okomica, u stopama.

Otpor riječnih tegljača ograničenog gaza može se samo vrlo približno odrediti iz postojećih serijskih dijagrama, s time da se dobivene vrijednosti korigiraju Schoenherrovom, Kreitnerovom ili Afanasijevljevom metodom za utjecaj ograničene dubine i širine rijeke. U stvari, otpor riječnih tegljača koji plove u vodama ograničene dubine može se pouzdano odrediti samo ispitivanjima modela.

U novije vrijeme u Engleskoj se grade tegljači sa tzv. Hydroconic-formom trupa. Karakteristika Hydroconic-forme je dvostruki zglob duž čitavog trupa, s potpuno ravnim limovima oplata, tako da se oplata može potpuno razviti u ravninu (sl. 5). Time gradnja broskog trupa postaje znatno jednostavnija, pa se postiže oko 30% uštede radnog vremena. U pogledu stabiliteta, ponašanja



Sl. 5. Plan rebra tegljača s Hydroconic-formom trupa;  $L = 26,8$  m,  $B = 7,42$  m,  $T_k = 3,55$  m,  $\Delta = 299$  t

na valovima i otpora, Hydroconic-forma ne zaostaje za normalnom formom trupa. Hydroconic-forma omogućava jednoliko strujanje vode na krmi, a time i bolji rad propelera, pa je sila vuče na stupu nešto veća nego tegljača normalne forme.

**Propulzija tegljača.** Glavna svrha tegljača je tegljenje i guranje velikih brodova, a to zahtijeva velik poriv propelera. Zato propeler ima na tegljaču važniju ulogu nego na većini drugih tipova brodova. Izbor najpovoljnijeg tipa propelera tegljača složen je problem zbog vrlo promjenljivih i različitih opterećenja i uvjeta rada.

Obični vijčani propeler sa direktnim dizel-pogonom odgovara za tegljače koji uglavnom pod istim uvjetima obavljaju istu vrstu posla, a manje je prikladan za promjenljive uvjete rada. Prednost običnog propelera je njegova niska cijena i dobar stepen djelovanja u vožnji krmom.

Obični propeler se projektira za maksimalnu brzinu slobodne vožnje u slučaju parnog pogona, dizel-električkog pogona ili dizel-hidrauličkog pogona, kao i za tegljače za spasavanje bez obzira na vrstu pogona. Za kompromisnu brzinu od ~ 6 čv projektira se propeler u slučaju pogona dizel-motorom direktno vezanim na propelersku osovinu. Za lučke tegljače, koji pomažu pri pristajanju velikih brodova, propeler se projektira za vuču na stupu, tj. za brzinu nula.

Za vuču je povoljno da promjer propelera bude što veći a broj okretaja što manji. Da se izbjegnju vibracije, raspored između vrha

propelera i oplata mora biti najmanje 7% promjera propelera, a preporuča se da bude 10...15% promjera. Propeler mora biti dovoljno uronjen da se spriječi upijanje zraka i da na uzburkanom moru vrh propelera ne izranja iz vode, jer tada upravljanje tegljačem postaje vrlo teško. Preporuča se da za pojedine tipove morskih tegljača uronjaj propelera bude prema vrijednostima iz tablice 1.

Tablica 1

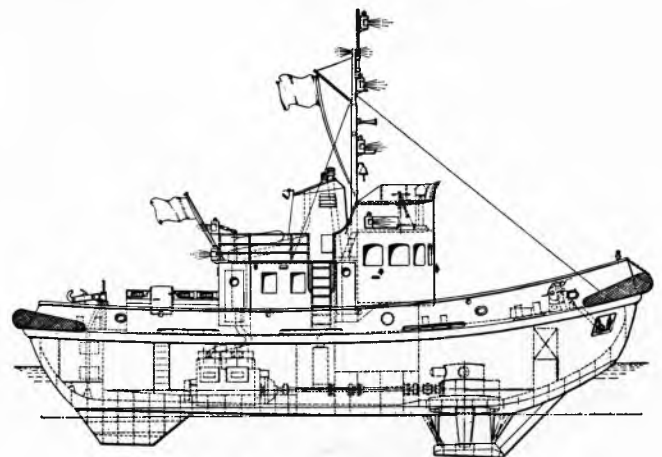
Tip tegljača	Snaga pogonskog stroja, KS	Dužina, m	Uronjaj vrha krila propelera, m	Omjer visine stupa vode iznad osi propelera i promjera propelera
oceanski	1000...1500	45...52	1...1,35	1,5...1,8
obalni	500...800	35...42	0,6...1	1,45...1,6
lučki	500	25...35	0,2...0,5	1,15

Zbog visokog opterećenja, propeler tegljača radi s velikim sklizom pa lako može da kavitira. Da se smanji opasnost od kavitacije, propeleri tegljača imaju velik omjer krilnih površina  $A_E/A_0$ . Za vožnju krmom povoljna je elipsasta kontura krila. Na plitkoj vodi, kad je gaz broda ograničen, propeler se stavlja u tunel na krmi, jer se tako može zadržati veći promjer propelera. Tunel mora imati takav oblik da priticjanje vode propeleru bude što pravilnije, da tunel bude uvijek potpuno ispunjen vodom i da propeler ne može upijati zrak. Najpovoljniji oblik tunela za svaki konkretni slučaj može se odrediti samo ispitivanjem modela.

Za projektiranje običnih vijčanih propelera za tegljače najbolje odgovaraju Gawnovi i Taylorovi serijski dijagrami jer su razrađeni za propelere s elipsastom konturom krila i simetričnim polukružnim presjecima krila, a obuhvaćaju i velike omjere krilnih površina  $A_E/A_0$ .

Propeler sa prekretnim krilima može apsorbirati punu snagu pogonskog stroja pod promjenljivim uvjetima opterećenja, pa je naročito pogodan za sve tipove tegljača. Ovakav propeler omogućava postepeno opterećenje vučnog užeta pri kretanju s mjesta i nategnuto uže i kod sasvim malih brzina tegljenja, pa ne dolazi do naglih trzaja i pucanja užeta. Nedostatak je što je skup i kompliciran, a u vožnji krmom daje manji poriv nego normalni propeler, jer potpuno prekrnuto krilo ima uspon krila raspoređen tako da samo jednim dijelom svoje površine djeluje efikasno.

Voith-Schneiderov propeler (cikloidni propeler) apsorбира punu snagu pogonskog stroja pri svim brzinama i opterećenjima tegljača, a pored toga omogućava poriv u bilo kome smjeru, što osigurava brodu vanrednu manevarabilnost. Brod se može na mjestu okrenuti oko svoje osi, a u punoj brzini zaustavlja se na udaljenosti jednako vlastitoj dužini. Na tegljaču su obično dva Voith-Schneiderova propelera smještena na pramčanom dijelu broda, radi čega dno mora biti potpuno ravno, sa oštrim prelomom na prelazu u bočne stijene (sl. 6). Smještaj propelera na pramcu a kuke za vuču na krmi osigurava izvrsnu stabilnost vuče, bolju nego na tegljaču s običnim propelerom na krmi i vučnom kukom na sredini broda, gdje poriv i vuča tvore moment koji nastoji zakrenuti



Sl. 6. Lučki tegljač s Voith-Schneiderovim propelerima

brod i koji izbacuje pramac iz kursa. Za pogon Voith-Schneiderova propelera redovito služe brzohodni dizel-motori, pa se postiže i ušteda na težini i veličini tegljača. Nedostaci Voith-Schneiderova propelera su njegova vrlo visoka cijena, kompliciranost i osjetljivost prema oštećenjima, manja specifična vučna sila nego normalnog propelera, veliki prostor na pramcu potreban za smještaj propelera, loše ponašanje broda na valovima zbog ravnog dna na pramcu. Pogon Voith-Schneiderovim propelerom dolazi u obzir prvenstveno za manje lučke tegljače.

Propeler u sapnici, jednako kao i obični propeler, ne može apsorbirati punu snagu pogonskog stroja u svim uvjetima rada, ali povećava vučnu silu tegljača i za 40%. Okretna sapnica sa ugrađenim kormilom osjetljivo poboljšava kormilarska svojstva broda. Zbog svojih prednosti, a prvenstveno zbog povećanja vučne sile, propeler u sapnici danas se na tegljačima sve više primjenjuje. Propeler u sapnici je naročito povoljan ako je zbog ograničenog gaza i promjer propelera ograničen, jer sapnica svojim povećanjem poriva nadoknađuje gubitak stepena djelovanja izazvan smanjenim promjerom propelera. Za projektiranje propelera u sapnici služe van Manenovi dijagrami Kaplanovih tipova propelera u sapnici, jer taj tip propelera najbolje odgovara za pogon tegljača.

Kotači na oba boka ili na krmi broda pogodni su samo za tegljače koji plove u vrlo plitkim vodama ili u nereguliranim rijekama sa brzacima i mnoštvom plovećeg drvlja.

Vrijednosti koeficijentata sustrujanja i smanjenja poriva za tegljače mogu se tačnije odrediti tek ispitivanjima modela, jer su forme tegljača i tipovi propelera vrlo različiti, pa se sustrujanje i smanjenje poriva u različitim slučajevima prilično razlikuju. U prvom približenju može se računati za normalne forme jednovijčanih morskih tegljača da je koeficijent sustrujanja između 0,20 i 0,26, a koeficijent smanjenog poriva između 0,18 i 0,20, s tim da nižim vrijednostima sustrujanja odgovaraju i niže vrijednosti smanjenog poriva. Na vodi ograničene dubine koeficijent sustrujanja i koeficijent smanjenog poriva rastu i imaju to veću vrijednost što je dubina vode manja. Za propeler u sapnici računa se s koeficijentima sustrujanja i smanjenja poriva čitavog sistema »propeler + sapnica«. Za bočne kotače na sredini broda koeficijent sustrujanja je negativan zbog potencijalnog strujanja, a za krmeni kotač pozitivan i približno jednak kao za obični jednovijčani tegljač.

**Stabilitet i nadvođe tegljača.** Dva faktora bitno utječu na stabilitet tegljača i ugrožavaju njegovu sigurnost. Za vrijeme vuče sila u vučnom užetu ima hvatište iznad plovne vodne linije i iznad težišta broda. Prilikom manevriranja, koje naročito često vrše lučki tegljači, vučno uže ne ostaje paralelno s uzdužnom simetralom tegljača, već se postavlja koso ili okomito na uzdužnicu broda, pa sila u vučnom užetu bočno nagiba brod. Ako moment vučne sile po boku postane veći od momenta stabiliteta, tegljač se prevrne.

Tegljači imaju oštre krajeve i pun srednji dio trupa. U slobodnoj vožnji, kad je brzina tegljača maksimalna, zbog takvog oblika broda na sredini trupa nastaje potpritisak, pa se stvara duboki valni dol koji smanjuje moment tromosti plovne vodne linije, a time i stabilitet broda. Stvaranje dubokog valnog dola na sredini broda naročito je izraženo ako je relativna brzina broda  $V/\sqrt{L}$  veća od 1,2, a na plitkoj vodi već i kod nižih brzina. Zato se preporuča dužinu tegljača odabrati tako da relativna brzina ne pređe 1,2.

Za stabilitet tegljača razradeno je više kriterija. Prema propisima u SSSR metacentarska visina tegljača kraćeg od 25 m mora iznositi najmanje 0,7 m, a za tegljače preko 25 m dužine,  $\overline{MG} = 0,61$  m. Prema Simpsonu (1951) minimalna metacentarska visina tegljača mora biti 0,76 m. Argyriadis (1957) daje ovu formulu za minimalnu metacentarsku visinu tegljača:

$$\overline{MG} = \frac{P_s \cdot h}{100 \Delta \cdot F/B}, \quad (17)$$

gdje je  $P_s$  snaga na osovini,  $h$  vertikalna udaljenost između hvatišta sile na kormilu i vrha vučnih bitvi (kuke),  $\Delta$  istisnina tegljača,  $F$  minimalno nadvođe tegljača,  $B$  širina tegljača na vodnoj liniji. Sve dužine su u formuli u metrima, snaga u KS a istisnina u tonama.

Omjer između minimalne metacentarske visine i širine broda treba da je  $\overline{MG}/B = 0,088 \dots 0,096$ . Caldwell je predložio ovu formulu za proračun širine tegljača (u metrima) koja osigurava traženu metacentarsku visinu:

$$B = \sqrt{\overline{KM} - T \left( \frac{5\alpha - 2\delta}{6\alpha} \right) \frac{T}{0,09}}, \quad (18)$$

gdje je  $\overline{KM}$  visina metacentra iznad osnovke broda,  $T$  gaz tegljača (oboje u metrima),  $\alpha$  koeficijent vodne linije,  $\delta$  koeficijent istisnine.

U prethodnom proračunu stabiliteta može se pretpostaviti da je približni odnos između visine težišta sistema tegljača iznad osnovke  $\overline{KG}$  i bočne visine  $H$  za pojedine tipove ovaj: riječni tegljači  $\overline{KG}/H = 0,85$ , lučki tegljači  $\overline{KG}/H = 0,80$ , obalni tegljači  $\overline{KG}/H = 0,90$ , oceanski tegljači  $\overline{KG}/H = 0,85$ .

Osim dovoljno velike početne metacentarske visine tegljači moraju imati i dovoljan opseg stabiliteta. Zahtijeva se da opseg stabiliteta tegljača iznosi  $65 \dots 70^\circ$ . Opseg stabiliteta ovisi prvenstveno o nadvođu. Za tegljače ne važe postojeći međunarodni propisi o minimalnom nadvođu niti tegljači imaju marku nadvođa, već se nadvođe određuje prema kriterijima ili propisima u pojedinim zemljama. Jedan je od kriterija da minimalno nadvođe tegljača mora biti najmanje 1/10 širine broda. Inače se uzimaju za minimalno nadvođe morskih tegljača vrijednosti navedene u tablici 2.

Tablica 2

Tip tegljača	Dužina tegljača, m	Minimalno nadvođe, m
lučki	8...27,5	0,58...0,72
obalni	21...42	0,87...1,07
oceanski	36,5...55	1,30...1,68

**Manevrabilnost tegljača.** Izvrsna manevarska svojstva pod uvjetima vuče jedan su od osnovnih zahtjeva koje mora zadovoljiti tegljač. Manevrabilnost tegljača pod uvjetima vuče ne ovisi samo o kormilu i obliku trupa broda već i o hvatištu vučne sile. Sila u vučnom užetu djeluje kao dodatna vanjska sila koja može izbacivati tegljač iz kursa, djelovati suprotno od sile na kormilu i time sprečavati ili usporavati okretanje broda, odnosno zbrajati se sa silom na kormilu i tako ubrzavati okretanje broda. Hvatište vučne sile treba da je smješteno tako da što manje utječe na manevrabilnost, tj. ono treba da je u tački oko koje se okreće brod, što se postiže postavljanjem vučnih bitvi ili vučne kuke na udaljenosti 0,55...0,60  $L_{PP}$  iza prednje okomice. Utjecaj sile u užetu na manevrabilnost može se donekle smanjiti i oblikom trupa tegljača. Krmeni prizmatički koeficijent treba da je veći od pramčanog, tj. podvodni dio pramca treba da je podrezan a gaz na krmi povećan. Skošenost kobilice prema krmi treba da iznosi  $\sim 4\%$  dužine broda.

Tegljači imaju veća kormila i veći kut zakreta kormila nego ostali brodovi. Površina kormila tegljača iznosi 5,5...6,5% uronjenog lateralnog plana broda; manja vrijednost odgovara za oceanske tegljače a veća za lučke tegljače. Približna površina kormila tegljača može se odrediti iz formule:

$$A = L_{PP} T_s c, \quad (19)$$

gdje je  $A$  površina kormila,  $T_s$  srednji gaz tegljača,  $c$  koeficijent koji iznosi 0,05 za male lučke tegljače, 0,045 za velike lučke i obalne tegljače, 0,040 za oceanske tegljače.

Najpovoljniji odnos između dužine i visine kormila tegljača je 0,56, ali za riječne tegljače ograničenog gaza taj odnos obično nije moguće postići, već oni imaju niži i duža kormila. Izraženo u postocima dužine broda  $L$ , dužina kormila za pojedine tipove tegljača kreće se u ovim granicama:

Riječni tegljači neograničenog gaza: 5,25...6,5%  $L$ ; dvovijčani riječni tegljači ograničenog gaza s jednim kormilom: 5,6...6,5%  $L$ ; dvovijčani riječni tegljači ograničenog gaza sa dva kormila: 4,5...5,5%  $L$ ; oceanski tegljači: 3,5...4%  $L$ ; obalni i lučki tegljači: 4...6,5%  $L$ .

Kut zaokreta kormila tegljača iznosi do  $70^\circ$ , a malih lučkih tegljača čak do  $90^\circ$ , dok je na normalnim brodovima maksimalni kut zaokreta kormila svega  $45 \dots 55^\circ$ . Vrijeme potrebno za potpuni

prekret kormila tegljača iz krajnjeg položaja lijevo u krajnji položaj desno mora biti 12...15 sekundi, što je za četvrtinu kraće nego za kormila ostalih tipova brodova. Zato je i kormilarski stroj tegljača oko dva puta snažniji nego na normalnim brodovima. Tegljači većinom imaju elektro-hidraulički kormilarski stroj s mogućnošću da se uključi ručni hidraulički pogon.

Smatra se da tegljač s dobrim manevarskim svojstvima ne smije imati promjer kruga okreta veći od dvije dužine broda.

**Određivanje težina tegljača.** Zbog razlika među tipovima tegljača, zbog različitog akcijskog radijusa, a naročito zbog različitih sistema pogona, pojedine grupe težina tegljača jednakih istisnina dosta se razlikuju. Dok mali lučki tegljači imaju minimalne zalihe goriva i vode i malobrojnu posadu, oceanski tegljači velikog akcijskog radijusa imaju velike posade, znatne količine goriva i velike zalihe. Tegljači s parnim pogonom imaju pogonski uređaj oko dva puta teži od motornih tegljača. Lučki tegljači koji služe kao pomoćni ledolomci imaju pojačanu konstrukciju trupa, a time i teži trup. Zato su podaci za sličan tegljač istog tipa pri projektiranju tegljača jedini siguran osnov za procjenu pojedinih težinskih grupa. U nedostatku pouzdanijih podataka može se u proračunima pretprojekta za približno određivanje težina uzeti da omjer između sume težina pogonskog stroja, goriva, maziva, vode, zaliha, vučne užadi i ukupne težine (istisnine) tegljača iznosi: za mali morski parni tegljač od 0,45 do 0,55, za mali morski motorni tegljač od 0,25 do 0,40, za veliki morski parni tegljač od 0,55 do 0,65, za veliki morski motorni tegljač od 0,45 do 0,55, za riječni parni tegljač od 0,50 do 0,60, za riječni motorni tegljač od 0,30 do 0,40.

U tablici 3 prikazane su u postocima istisnine tegljača približne vrijednosti težine trupa s opremom, težine pogonskog stroja i težine praznog broda bez goriva, zaliha i posade.

Tablica 3  
TEŽINSKE GRUPE TEGLJAČA IZRAŽENE U % ISTISNINE

Tip tegljača	Trup s opremom	Pogonski stroj	Prazan brod bez goriva, zaliha i posade
mali morski tegljači s parnim pogonom	45	40	85
mali morski tegljači s motornim pogonom	65...75	20...30	95
veliki morski tegljači s parnim pogonom	40...45	30...45	70...85
veliki morski tegljači s motornim pogonom	40...50	25	65...75
riječni tegljači s parnim pogonom	45...55	35...40	80...90
riječni tegljači s motornim pogonom	65...70	25...30	90...95

U tablici 4 navedene su, približno, u postocima težine samog trupa tegljača, težine pojedinih dijelova trupa.

Tablica 4

	Oprema trupa	Čelična konstrukcija	Odljevci i otkivci	Drveni dijelovi
oceanski tegljači	10	70	10	10
obalni tegljači	10	70	10	10
lučki tegljači	7	75	10	8
riječni tegljači	5	80	8	7

### Konstrukcija trupa tegljača

Elementi trupa tegljača određuju se prema propisima klasifikacionih društava. Najdetaljnije razradene propise za gradnju tegljača izdalo je francusko klasifikaciono društvo Bureau Veritas.

Mali tegljači su kratki a relativno široki brodovi, pa uzdužna čvrstoća trupa ne predstavlja problem. Međutim, specifični uvjeti rada tegljača dovode do velikih lokalnih naprezanja brodske konstrukcije, na primjer uslijed udara i pritiska kad tegljač pramcem, krmom ili bokom potiskuje daleko veći i teži brod, uslijed opterećenja koje se sa vučnog uređaja prenosi na okolnu konstrukciju trupa broda, itd. Zbog toga pojedini elementi trupa morskih tegljača

često se uzimaju jači nego to zahtijevaju propisi nekih klasifikacionih društava. Preporuča se da profil rebara bude nešto veći nego što traže propisi, a razmak rebara na krmenom dijelu iza prednje pregrade strojarnice da bude za ~ 5 cm manji od propisanog. Oplata na krmenom dijelu iza stražnje pregrade strojarnice treba da je debela najmanje 12 mm, a završni voj po čitavoj dužini najmanje 19 mm. Proveza palube mora biti debela najmanje 9 mm, pod u strojarnici najmanje 12 mm sa posebno pojačanim temeljima stroja. Posebno pojačani moraju biti elementi trupa koji prenose vučnu silu sa kuke ili vučnika na ostalu brodsku konstrukciju. Tegljači većinom nemaju dvodno po čitavoj dužini, već samo ispod strojarnice, a na pojedinim mjestima su pridneni tankovi za gorivo, mazivo i vodu.

Uzdužna čvrstoća trupa je važna za riječne tegljače ograničenog gaza a visokog omjera  $L/B$  i  $B/T$ , pa treba detaljnim proračunom čvrstoće odrediti uzdužna pojačanja, kao što su pojačanja pasma, uzdužna rebra, pojačane uzdužne podveze palube itd.

Za oceanske tegljače i one obalne tegljače koji plove u nezaštićenim vodama preporuča se gredna kobilica jer prigušuje ljuljanje broda i pomaže boljem održavanju kursa. Na takvim je brodovima također dobro postaviti ljuljne kobilice na sredini broda, a u dužini od ~ 1/3 njegove dužine. Ostali tipovi tegljača imaju plosnu kobilicu, a ljuljne kobilice im nisu potrebne.

Tegljači imaju punu ogradu sa velikim otvorima kroz koje otječe voda. Ograda mora biti debela ~ 12 mm. Visina ograde je na velikim tegljačima ~ 90 cm, a na manjim je nešto niža. Visina ograde ne mora biti po čitavoj dužini broda jednaka, već je na pramčanom dijelu obično malo povišena, a na krmenom smanjena. (Suviše visoka ograda smeta pri radu s užetima.) Ograda je obično povučena za ~ 18 cm od završnog voja oplata i skošena prema unutra da se ne ošteti kad tegljač bokom pristaje uz drugi brod.

Svi otvori i vrata na palubi moraju biti izvedeni tako da se mogu nepropusno zatvoriti. Visina praga vrata kroz koja se sa palube silazi u strojarnicu treba da je 60 cm, a svi ostali pragovi vrata na palubi moraju biti visoki najmanje 45 cm. Morski tegljači, a naročito lučki, moraju imati tlocrtnu konturu palube svugdje zaobljenu, bez paralelnog srednjaka, da bi se tegljač lakše »odlijepio« od broda ili obale. Paluba tegljača je gotovo ravna s eventualno malim uzvojem na pramcu. Riječni tegljači ponekad imaju negativan uzvoj palube, tj. paluba je na sredini broda viša nego na pramcu i krmu, što povećava uzdužnu čvrstoću broda.

Tegljači imaju po čitavoj dužini bokoštitičnik od drveta ili polukružnog čeličnog profila. Riječni tegljači redovito imaju čelični bokoštitičnik, a lučki tegljači drveni. Drveni bokoštitičnik je elastičniji pri srazu, ali se i brže troši.

### Pogonski uređaji tegljača

Pogonski uređaj tegljača mora biti vrlo elastičan da bi se mogao prilagoditi širokom rasponu opterećenja. Od pogonskog uređaja se zahtijeva da razvija što veću snagu pri vrlo različitim brzinama i opterećenjima tegljača, a da pri tome pogon bude siguran i ekonomičan. Kad se odsukava nasukan brod i za pojedine lučke operacije tegljač mora razvijati veliku vučnu snagu stojeći na mjestu, tj. uz brzinu nula. U slobodnoj vožnji, kad je vučna sila jednaka nuli, traži se velik poriv da bi brzina tegljača bila što veća. Između ova dva ekstremna slučaja postoji bezbroj kombinacija brzine tegljača i vučne sile potrebne za tegljenje brodova ili teglenica. U svim tim različitim uvjetima propeler diktira rad i opterećenje pogonskog stroja. Ako propeler nije sa prekretnim krilima, dakle ako se ne može prilagoditi različitim brzinama pritičanja vode i različitim opterećenjima, pogonski uređaj tegljača mora da se prilagodi bez opasnosti od preopterećenja i uz dovoljnu ekonomičnost pogona.

Sporohodni teški prekretni dizel-motor direktno ukopčan na propelersku osovinu danas je jedan od najčešćih pogonskih uređaja tegljača. Prednosti su mu: niska nabavna cijena, nizak specifični potrošak goriva, mali broj okretaja, jednostavna i čvrsta konstrukcija. Glavni mu je nedostatak da u radu nije naročito elastičan, pa u kombinaciji s normalnim propelerom ne može u svim slučajevima razvijati punu snagu. Treba velike količine zraka za puštanje u pogon, a zato i velike spremnike komprimiranog zraka sa snažnim kompresorskim uređajem. Zbog toga je ne-

podesan za male lučke tegljače, koji mnogo manevriraju pa u najkritičnijem momentu mogu ostati bez komprimiranog zraka. Nedostatak sporohodnog prekrtnog dizel-motora je i to da starta odmah s punim okretajima, uslijed čega tegljač naglo krene pa nagli trzaj može pokidati vezove.

Neke od nedostataka direktno ukopčanog prekrtnog dizel-motora izbjegava se upotrebom srednje brzog ili brzog neprekrotnog dizel-motora koji je preko prekrtnog reduktora-spojke vezan na propelersku osovinu. Brzohodni dizel-motor je lakši, manji i jeftiniji od sporohodnog dizel-motora, a popravci i remontu su također jeftiniji. Reduktor se odabere za optimalni broj okretaja, pa je i potrošak goriva ekonomičan. Spojka može biti električka, hidraulička, zračna ili mehanička. Svim tipovima spojke, osim mehaničkom, može se upravljati iz kormilarnice i tako kontrolirati rad motora. Zahvaljujući spojci, start tegljača je postepen, bez trzaja. Ovaj način pogona ne omogućava normalnom propeleru da u svim uvjetima apsorbira punu snagu motora. Elastičnost pogona može se povećati ako se više manjih brzohodnih dizel-motora veže preko reduktora na zajedničku propelersku osovinu. U tom slučaju stavlja se u pogon onoliko broj motora koliko to zahtijevaju momentalne potrebe snage na propeleru. Elastičnost pogona se povećava i višestepenim reduktorom kojim se prilagođuje broj okretaja propelera momentalnim vanjskim uvjetima.

Potpuna elastičnost pogona se postiže dizel-električkim ili dizel-hidrauličkim pogonom. Oba tipa pogona omogućavaju propeleru da apsorbira punu snagu pri svim brzinama broda. Dizel-električki uređaj može biti izveden sa više manjih dizel-generatora koji napajaju pogonski elektromotor, čime se postiže vrlo ekonomičan pogon, jer se u rad uključuje samo momentalno potreban broj dizel-generatora. Pogonom se može upravljati direktno iz kormilarnice, pa je manevriranje brže i lakše, što je vrlo važno za rad tegljača. Dizel-električki pogon omogućava automatsko reguliranje snage prema opterećenju uređaja za vuču, tako da sila u vučnom užetu ostaje konstantna, pa nema opasnosti od kidanja užeta. Dizel-električki uređaj ima miran hod bez vibracija, što je također prednost pred običnim dizel-pogonom. Nedostaci dizel-električkog pogona jesu: visoka nabavna cijena, relativno visoki gubici prenosa (stepen iskorištenosti prenosa je 0,83...0,85, a direktno ukopčanog dizel-motora 0,95), potrebna je visoko kvalificirana posluša, održavanje je skuplje nego drugih sistema motornog pogona.

Dizel-hidraulički pogon je u pogledu elastičnosti sličan dizel-električkom. Dizel-motor tjera hidrauličku pumpu koja pod pritiskom dobavlja ulje hidrauličkom motoru na propelerskoj osovinu. Ovaj sistem pogona ima uglavnom sve prednosti i nedostatke dizel-električkog uređaja. Dizel-električki i dizel-hidraulički pogon naročito su prikladni za tegljače, pa se usprkos visokoj nabavnoj cijeni i složenosti uređaja sve više primjenjuju za lučke tegljače.

### Oprema tegljača

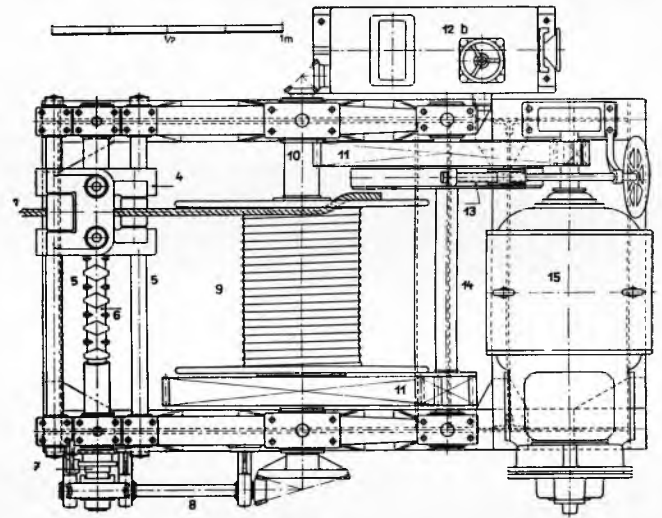
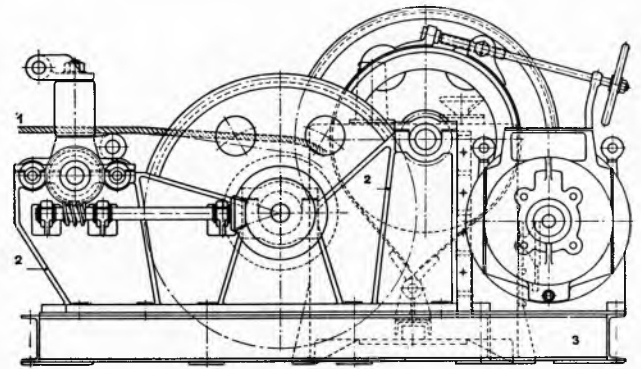
Tegljači imaju specijalnu opremu za tegljenje, a mogu imati i uređaje za spasavanje brodova i gašenje požara. Prema načinu tegljenja i tipu tegljača postoji više različitih uređaja za vuču. Tri su osnovna načina tegljenja:

a) Tegljenje vučnim užetom preko krme. Tegljač ima zasebno uže za svaku teglenicu, ili je vezan samo za prvu teglenicu, a ova za slijedeću itd. Vučno uže je na tegljaču učvršćeno za vučno vitlo, vučnu bitvu ili vučnu kuku. Ovakav način tegljenja se primjenjuje na moru i na evropskim rijekama.

b) Tegljenje teglenica bočno vezanih uz tegljač. Tegljač ima jedno ili dva privezna vitla i duž palube više bitvi i kljunā za privez teglenica ili broda uz bok. Ovakav način tegljenja se primjenjuje na rijekama i u lukama.

c) Guranje niza teglenica tako vezanih da čine cjelinu sličnu splavi. Guranje se primjenjuje samo na rijekama.

**Uređaji za tegljenje.** Veliki morski i riječni tegljači su opremljeni *vučnim vitlima* (sl. 7). Vučno vitlo ima prednost da dopušta promjenu dužine vučnog užeta prema uvjetima vuče. Vučno vitlo može biti s automatskim uređajem za vuču, koji stavlja vitlo u pogon čim sila u vučnom užetu poraste preko neke određene vrijednosti ili padne ispod nje. Time se održava konstantno opterećenje vitla i užeta i izbjegavaju nagli trzaji izazvani velikim dinamičkim silama u užetu za vrijeme vuče po uzburkanom moru. Nedostatak je automatskog uređaja za vuču da na uzburkanom

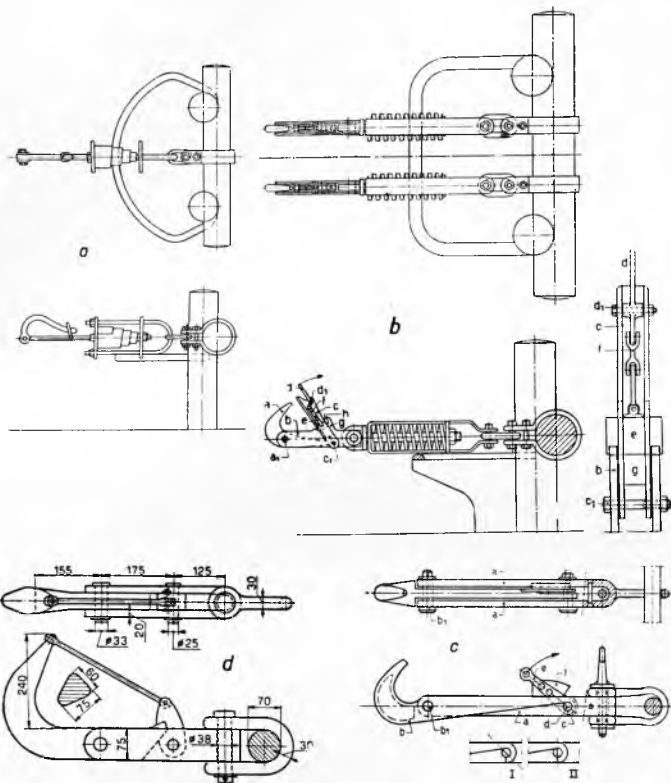


Sl. 7. Električno vučno vitlo na velikom oceanskom tegljaču. 1 vučno uže, 2 okvir, 3 postolja, 4 automatska vodilica za namatanje užeta, 5 klizne staze, 6 vijčana poluga s lijevim i desnim narezom, 7 spojka, 8 pogon vijčane poluge, 9 bubanj, 10 osovinu bubnja, 11 prijenosni zupčanići, 12 ručni i automatski upravljač, 13 pojasna kočnica, 14 međuosovina, 15 elektro-motor, snaga 50 KS, broj okretaja 600/min

moru stavlja vučno vitlo u pokret vrlo često, pa se troši pogonska energija, a vučno uže se stalno odmeta ili namata i troši uslijed trenja o tegljačke lukove. Zato je na velikim valovima bolje maksimalno povećati dužinu užeta i smanjiti brzinu tegljenja, isključivši automatski uređaj za vuču. Vučna vitla na velikim riječnim tegljačima imaju po više bubnjeva, svaki za zasebno vučno uže. Da se rastereti bubanj vučnog vitla, vučno uže se često iza vitla učvrsti u vučnicima (zaporima) različitih tipova, ili se omota nekoliko puta oko vučne bitve. Parni tegljači imaju vučna vitla na parni pogon, a motorni tegljači na električki pogon. Na malim tegljačima pogon vučnog vitla je često prenosom sa glavnog pogonskog motora.

Lučki, obalni i manji riječni tegljači imaju *kuke za vuču* (sl. 8). Jedna ili više kuka zglobno je učvršćeno za stražnju pregradu strojarnice, ili za pojačani stražnji zid palubne kućice, ili za vučnu bitvu. Da bi se povećala elastičnost vuče, u tijelu kuke je ugrađena opruga koja prigušuje nagle trzaje vučnog užeta. Kuka se može slobodno kretati postrance i prema gore, a prema dolje je kretanje kuke obično ograničeno polukružnom stazom na koju se kuka oslanja i po kojoj klizi. Postoji više specijalnih izvedbi vučne kuke koje omogućavaju da se omča vučnog užeta brzo zbací sa kuke ako nastupi neka opasnost za tegljač. Nedostatak je vučne kuke da se za vrijeme tegljenja ne može mijenjati dužina vučnog užeta. Zato je kuka prikladna samo kad dužina vučnog užeta može stalno ostati ista, a to je kad se tegli u luci i u priobalnom pojasu.

Većina morskih tegljača, a i neki riječni tegljači, imaju osim vučnog vitla ili vučne kuke i *vučne bitve*. Vučne bitve se sastoje od dva masivna vertikalna stupa, visine 1,5...2 m iznad palube, razmaknuta 1,5...2,2 m jedan od drugoga, i od trećeg, horizontalnog stupa koji je poprečno učvršćen na vertikalne stupove 0,3...0,7 m ispod njihova vrha. Stupovi su napravljeni od čeličnih cijevi pro-



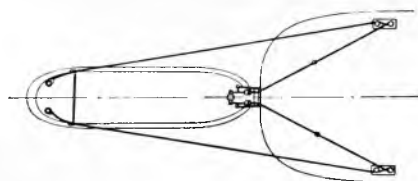
Sl. 8. Tipovi kuka za vuču. *a* dvostruka vučna bitva s kukom motornog tegljača snage 60 KS, *b* dvostruka vučna bitva s dvije kuke parnog tegljača 250 KS, *c* patentna kuka za vuču tipa Ristan, *d* vučna kuka pričvršćena izravno na pojačano grotlište strojarne lučkog tegljača

mjera 250...400, debljine stijenke 7...10 mm. Približna empirijska formula za proračun promjera cijevi vučne bitve u centimetrima glasi:

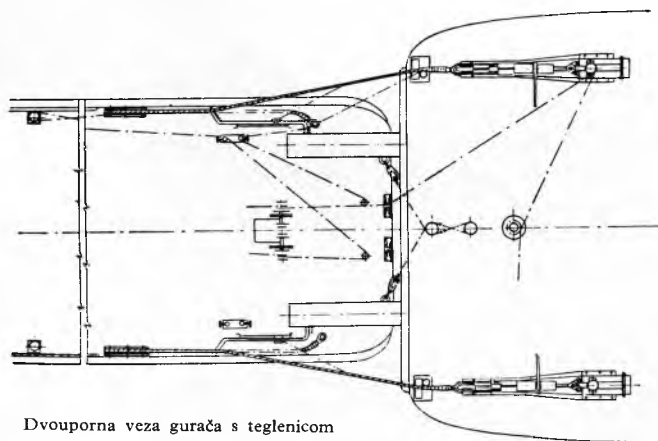
$$d = \sqrt{2 P_B} \quad (20)$$

gdje je  $P_B$  snaga pogonskog stroja tegljača u konjskim snagama.

Vučne bitve su smještene oko sredine broda iza vučnog vitla. Ponekad je na vučnu bitvu učvršćena vučna kuka. Mali lučki tegljači često imaju vučne bitve i na pramcu.



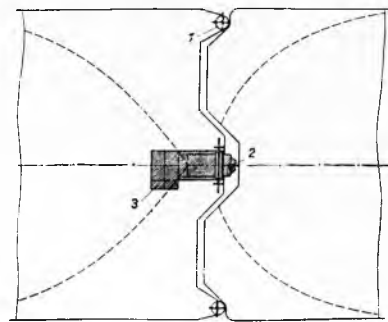
Kruta jednuporna veza gurača s teglenicom



Dvuporna veza gurača s teglenicom

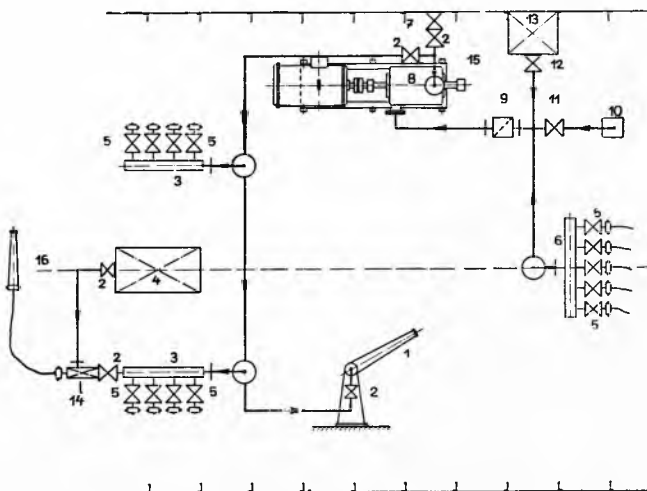
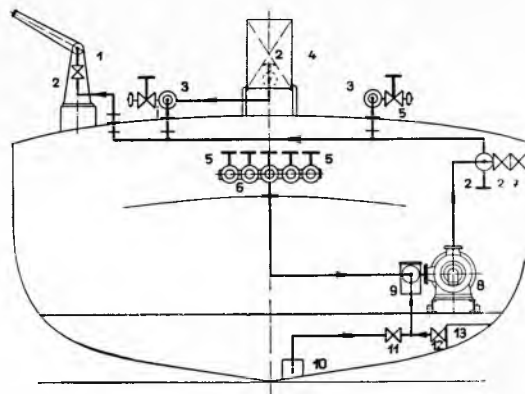
Sl. 9. Način vezivanja gurača za teglenicu

Riječni gurači imaju na pramcu dva uporna koljena preko kojih se odupiru i guraju teglenicu ispred sebe. Na palubi gurača raspoređeno je više vitala, zjevača, bitvi, velikih kljunā i stezača pomoću kojih se sastavljaju teglenice u formaciju, čvrsto pritežu i vežu uz gurač (sl. 9). Za privez služe čelična užeta. Da se olakša i ubrza vezanje gurača s teglenicama, u najnovije vrijeme je konstruirana posebna hidraulička automatska spojka koja znatno skraćuje vrijeme vezanja. Čitav proces priveza je jednostavniji i zahtijeva manje radne snage jer nisu potrebna privezna užeta. Spojka je smještena na sredini pramca gurača, a sastoji se od hidrauličkog motora koji aktivira hvataljke. Na sredini krme teglenice je vertikalni stup, koji obuhvataju hvataljke i tako kruto vežu gurač s teglenicom (sl. 10).



Sl. 10. Automatska spojka gurača s teglenicom. 1 uporno koljeno, 2 hvataljke spojke, 3 hidraulički motor spojke

**Oprema za spasavanje i gašenje požara** sastoji se od snažnih pumpi kojima tegljač crpe vodu iz oštećenog broda ili snabdijeva vodom vatrogasne štrcaljke. Tegljač može imati ili samo jednu pumpu za obje te funkcije, ili dvije zasebne neovisne pumpe. Ove pumpe moraju imati velik kapacitet, a požarna pumpa i veliku



Sl. 11. Uređaj za spasavanje i za gašenje požara na lučkom tegljaču. 1 vatrogasni monitor, 2 zaporni ventil, 3 razdjelna kutija vatrogasnog cijevnog voda, 4 tank pjene za gašenje, 5 ventil, 6 razdjelna kutija cijevnog voda za spasavanje, 7 nepovratni ventil, 8 pumpa za spasavanje i za gašenje požara, 9 filter na usisnom vodu, 10 usisna kutija kaljužnog voda, 11 ventil, 12 usisni ventil, 13 ulaz morske vode, 14 aparat za miješanje pjene za gašenje, 15 manometar, 16 monitor za pjenu



visinu dobave, pa je potreban snažan pogonski uređaj. Pumpe su obično centrifugalne, a pogon je pomoću dizel-motora ili elektromotora. Požarna pumpa može biti tjerana i glavnim motorom tegljača, što dolazi u obzir naročito ako tegljač ima dva pogonska dizel-motora vezana reduktorom-spojkom na zajedničku propellersku osovinu, jer u tom slučaju jedan motor se iskopča pa tjera samo požarnu pumpu, a drugi motor služi za pogon i manevriranje tegljačem.

Na palubi tegljača nalaze se priključci za vatrogasne cijevi i razvodna upojna komora za priključak usisnih cijevi pri spasavanju. Na krovu kormilarnice su jedna ili dvije snažne štrcaljke (monitori) koje mogu bacati vodeni mlaz visine i do 60 m. Tank sa pjenom za gašenje požara smješten je na palubi i može se po potrebi uključiti u sistem požarnih cijevnih vodova. Na sl. 11 shematski je prikazana instalacija za gašenje požara i spasavanje na jednom lučkom tegljaču.

Tegljači za spasavanje imaju posebnu samaricu za rukovanje usisnim cijevima, a mogu imati i ronilačku opremu i aparaturu za zavarivanje i podvodno i nadvodno rezanje.

**Užad za vuču.** Za vuču se upotrebljavaju manila-užeta, najlonska i čelična užeta. Vrst užeta ovisi o načinu tegljenja i tipu tegljača. Na otvorenom moru tegljenje po valovima zahtijeva elastičan vez, što se postiže dugim elastičnim užetom kao što su manila-užad i najlonska užad. Pri tegljenju na rijekama, gdje nema valova pa zato ni većih dinamičkih opterećenja vučnog užeta, vez ne treba da je naročito elastičan te za vuču odgovara čelično užje. Za tegljenje u luci bitna je jednostavnost i brzina baratanja s užadi, pa su manila-užeta i najlonska užeta prikladnija od čeličnih.

Kad se tegli na dugom vezu, užje ima ugib pa uroni u vodu i tako povećava otpor koji mora da savlada tegljač. Otpor uronjenog užeta (u kilopondima) iznosi:

$$R_u = c d V^2 \left( 0,65 l + 46,5 \frac{s^2}{P} \right), \quad (21)$$

gdje je  $c$  koeficijent koji iznosi 0,00562 za čelično užje a 0,00658 za manila-užje,  $d$  promjer užeta u inčima,  $l$  uronjena dužina užeta u stopama,  $s$  ugib užeta u stopama,  $P$  raspon užeta u stopama,  $V$  brzina tegljenja u čvorovima.

Što je užje duže to su veći ugib, uronjeni dio užeta i otpor, pa zato treba nastojati da dužina užeta ne bude nikad veća nego što to zahtijeva elastičnost vuče. Obično se smatra da je pravilna dužina vučnog užeta jednaka 6-8 dužina tegljača. Na uzburkanom moru

poveća se dužina užeta; time se pojača prigušivanje dinamičkih sila u vučnom užetu, a uronjeni dio užeta prigušuje i sprečava zaošijanje teglja.

Manila-užje ima zbog svoje veće debljine veći otpor pri kretanju kroz vodu nego čelično užje, ali je zato znatno elastičnije i bolje stabilizira tegalj. Nedostatak je manila-užeta da se brzo troši i da je osjetljivo na vlagu. Zato se obično za prednji dio veza, koji je učvršćen za tegljač i koji se tare o tegljačke lukove, uzima čelično užje, a dalje se nastavlja manila-užje.

Najlonsko užje je znatno skuplje od manila-užeta, ali je 4-5 puta elastičnije i ~ 2 puta čvršće, neosjetljivo je prema vlazi i temperaturi, otporno je prema habanju, ne trune, zauzima manje prostora i lakše se njime barata. Čelično užje je najmanje elastično, ali je zato 8-10 puta čvršće od manila-užeta istog opsega, odnosno, za istu silu u užetu čelično užje može imati do 4 puta manji promjer, a time i manji otpor pri gibanju kroz vodu. Čelično užje koje je tokom rada dobilo trajnu elongaciju od 8% ukupne dužine ne smije se više upotrebljavati za tegljenje brodova.

**Ostala palubna oprema.** Osim standardne palubne privezne opreme, kao što su bitve, zjevače i kljune, tegljač ima posebne vodilice i graničnike za užad. U visini vučne kuke na oba boka broda obično je po jedan čelični stup na koji se osloni užje kad se postavi bočno na brod. Stup sprečava da užje zapne o nadgrađe ili da povuče kuku prema pramcu. Često su takvi granični stupovi postavljeni i na krmi broda. Na krmenom dijelu broda iza vučnog vitla ili vučne kuke tegljač ima nekoliko tegljačkih lukova, koji od boka do boka presvoduju brod. Tegljački lukovi su napravljeni od čeličnih cijevi, razmaknuti su jedan od drugoga 4-5 m, a služe kao oslonac vučnom užetu, da ne padne na palubu tegljača. Na tegljačkim lukovima mogu biti graničnici koji sprečavaju da vučno užje po luku sklizne preko boka broda.

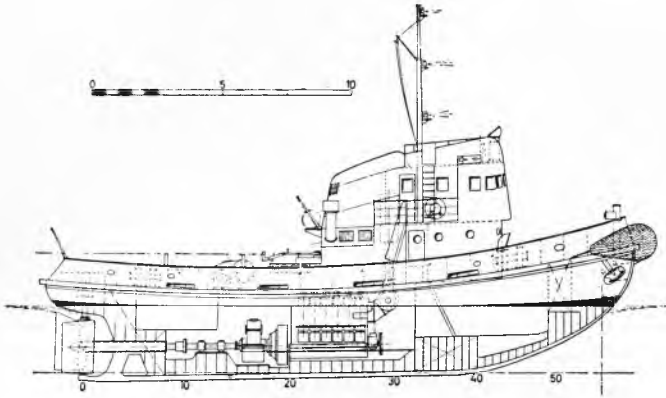
#### Karakteristike pojedinih tipova tegljača

Na tablici 5 prikazani su osnovni tehnički podaci za izgrađene tegljače različitih tipova.

**Mali lučki i pomoćni morski tegljači** (sl. 12 i 13). Mali lučki tegljači su kratki i široki brodovi velikog gaza, oštih krmenih linija, ravne i slobodne palube s kucicom ispred sredine broda i kormilarnicom na krovu kućice. Kormilarnica ima slobodan vidik na sve strane. Ograda palube na pramcu i krmi je skošena i uvučena prema unutra, da bi se na nju mogli smjestiti veliki i teški brkovi.

Tablica 5  
KARAKTERISTIKE NEKIH TEGLJAČA

Ime broda, zemlja, god. gradnje	Glavne dimenzije, m					Istisnina t	Pogonski uređaj		Brzina čv	Statička vučna sila Mp
	LOA	L <sub>PP</sub>	B	T <sub>S</sub>	H		Tip	Snaga KS		
<b>a) Mali lučki tegljači</b>										
»Maamal«, Aden, 1952		16,75	4,58	1,74	2,42	68	dizel	270	8,9	4,1
»Ceres«, Engleska, 1961		17,11	4,88	1,83	2,67		dizel	330	10,0	5,0
»Ribbis«, Juž. Afrika, 1961		10,3	3,35	1,14	3,05		dizel	66	8	0,8
»Fairplay III«, S. R. Njemačka, 1963	24,5	22,0	7,0	2,7	3,4		dizel	600	11,0	11,0
<b>b) Veliki lučki i obalni tegljači</b>										
»Wilhelmina«, S. R. Njemačka, 1958	28,9	26,5	7,6	3,25	3,9	396	dizel-	1200	12,5	15,0
»Nana Kena«, Ghana, 1963	31,92	28,0	7,8	3,30	3,9		dizel	1320	11,5	17,4
»Bernet«, S. R. Njemačka, 1959	29,5	25,7	6,8	3,0	3,4		dizel	1000	12,6	17,1
<b>c) Oceanski tegljači i tegljači za spasavanje</b>										
»Raumang«, N. Zeeland, 1963	39,5	35,7	9,45	4,04	4,58	524	dizel-	1500	12,5	27,35
»Hermes«, S. R. Njemačka, 1958	38,5	34,8	8,4	4,22	4,5		-elektro	1900	13,65	
»Pacifac«, S. R. Njemačka, 1963	72,2	63,5	11,6	4,55	5,6		dizel	8250	18,0	
»Zwarte Zee«, Nizozemska, 1963	77,5	68,5	12,35	5,75	6,9		dizel	9000	20,0	54,0
<b>d) Riječni tegljači ograničenog gaza</b>										
»P. H. Wattier«, Francuska, 1950	63,6	60,0	8,0	1,4	2,8	460	dizel	2400	26 km/h	25
»Schwyze«, Švicarska, 1948	76,3	73,0	9,5	1,65	3,0		dizel	3600		
»Kiev«, SSSR, 1963	58,7		8,8	1,72	2,8		dizel	2130		
»Bokovo«, Jugoslavija, 1960	53,4	51,25	8,00	1,63	3,5	420	dizel	1860	20 km/h	22,7
<b>e) Riječni gurači</b>										
»Sohio Cleveland«, USA, 1948	45,7		10,65	2,36	3,2	503	dizel	3200	21 km/h	16,5
»Seljonodolski«, SSSR, 1957	40,93	39,47	9,0	2,22	3,5		dizel	1200		
»Biber«, S. R. Njemačka, 1962	23,5		7,3	1,6	2,4		dizel	750		
»Jolimont«, Švicarska, 1962	11,26		5,0	1,35		30	dizel	340		



Sl. 12. Mali lučki tegljač

Nadvođe je visoko a svi otvori na palubi imaju nepropusne poklopce. Kuka za vuču je smještena oko sredine broda i što je moguće niže. Pramčana sidra su potpuno upuštena u trup i ne smiju stršiti van oplata. Elementi trupa su često jači od propisanih.

Sl. 13. Dizel-električni lučki tegljač »Isc«;  $L_{pp} = 24$  m,  $B = 7,2$  m,  $T = 3,6$  m, snaga pogonskog uređaja 675 KS

Mali lučki tegljači moraju biti snažni, pokretni, sa izvršnim manevarskim svojstvima. Radi veće manevarabilnosti često imaju dva propelera i kosu kobilicu s povećanim gazom na krmi. Pogon je najčešće srednje brzim ili brzohodnim dizel-motorom ili je dizel-električni. Snaga pogonskog stroja se kreće od 100 do 600 KS. Moderni mali lučki tegljači imaju propeler u sapnici-kormilu,

a ako je pogon direktno ukopčanim dizel-motorom, propeler je često s prekretnim krilima.

Stabilitet mora biti dovoljan da se tegljač ne prevrne ako se i jače nagne uslijed djelovanja sile u vučnom užetu. Tegljač mora imati također veliki bočni otpor, da ga tegalj bočno ne povuče i zakrene s kursa.

Mali lučki tegljači imaju omjer dužine i širine  $L/B$  od 3 do 4, omjer širine i gaza  $B/T$  od 2,2 do 3,5, koeficijent istisnine  $\delta \approx 0,5$ , koeficijent glavnog rebra  $\beta \approx 0,8$ , a prizmatički koeficijent  $\varphi \approx 0,62$ .

Kao pomoćni lučki tegljači služe i *barkače* koje su inače određene za razne pomoćne poslove u luci, kao što su: prijevoz ljudi i sitnog materijala, saobraćaj između brodova, inspekcije itd. To su manji motorni čamci dugi 10...15 m bez nastambi i često bez palube, ili samo sa pola palube na pramcu. Oko sredine čamca je natkrivena kormilarnica, otvorena sa stražnje strane. Vučna kuka je odmah iza kormilarnice, nadohvat kormilaru, tako da jedan čovjek može sam obavljati sve radove. Na pramcu je jedna a na krmi su dvije vučne bitve.

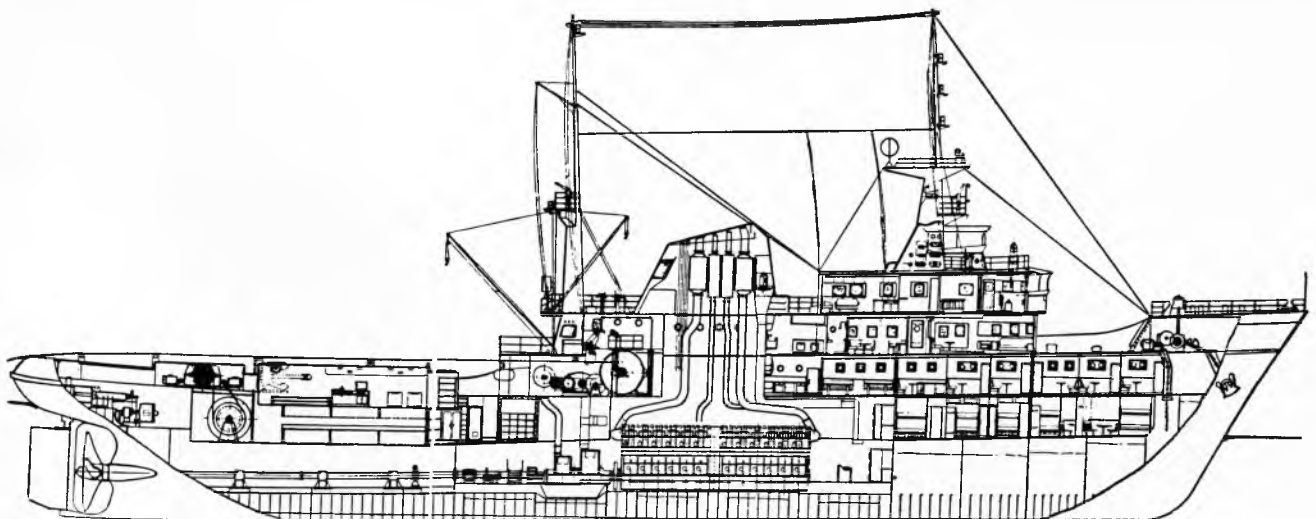
Za pogon barkača služe brzohodni dizel-motori snage 25...100 KS. Nadvođe mora biti veće od 0,3 m za zatvoreni brod, a 0,5 m za brod bez palube, odnosno najmanje 0,2 m ispod poda otvorenog kokpita. Metacentarska visina treba da je 0,4...0,5 m. Oplata trupa je debela 5...7 mm, oplata palube 5...6 mm, limovi ograde i kućice su debeli 3...5 mm, razmak rebara je 250...400 mm, profili rebara i sponja su  $50 \times 50 \times 6$  do  $90 \times 50 \times 6$  mm. Koeficijent istisnine  $\delta$  je od 0,35 do 0,45.

**Obalni i veliki lučki tegljači.** Obalni tegljači koji plove u zaštićenim vodama vrlo su slični riječnim tegljačima neograničenog gaza. Veliki lučki tegljači i obalni tegljači određeni za rad u otvorenim vodama slični su oceanskim tegljačima, samo što imaju manje bunkere goriva, a ponekad i kosu kobilicu.

Veliki lučki i obalni tegljači su dugi od 20 do 38 m. Za pogon im najčešće služi sporohodni ili srednje brzi prekretni dizel-motor direktno spojen na propelersku osovinu. Ponekad se primjenjuje i dizel-električni pogon. Snaga pogonskog uređaja je od 300 do 1500 KS. Evropski tegljači ove grupe redovito tegle pomoću vučne kuke. Američki tegljači tegle vezanjem uz bok, pa zato na pramcu i na krmi imaju snažne vučne bitve. Obalni i veliki lučki tegljači imaju nastambe za posadu. Ponekad su opremljeni uređajima za spasavanje i gašenje požara. Metacentarska visina im je veća nego oceanskim tegljačima i iznosi za laki gaz  $\sim 55$  cm.

Omjeri glavnih dimenzija ovih tegljača jesu:  $L/B = 3,3...4,3$ ;  $B/T = 2,5...3$ ; koeficijent istisnine  $\delta \approx 0,53$ , ali u pojedinim slučajevima je i znatno manji, koeficijent glavnog rebra  $\beta \approx 0,8$ , koeficijent vodne linije  $\alpha \approx 0,75$ .

**Oceanski tegljači i tegljači za spasavanje** (sl. 14 i 15). Ovamo spadaju tegljači snage pogonskog stroja preko 750 KS, velikog akcijskog radijusa, maksimalne dužine  $\sim 60$  m. To su većinom jednovijčani brodovi, pa ako imaju i dva pogonska stro-



Sl. 14. Najveći oceanski tegljač »Zwarte Zee«



Sl. 15. Oceanski tegljač »Pacific«

ja, oba su ukopčana na jednu propellersku osovinu, jer je jedan propeler bolje zaštićen i ne mijenja dubinu uronjaja kad se brod ljulja na valovima. U slučaju pogona direktno ukopčanim dizel-motorom propeler je često s prekretnim krilima. Osim dizel-pogona primjenjuje se i dizel-električki ili dizel-hidraulički pogon, a tegljači ovog tipa sa parnim pogonom više se ne grade.

Moderni oceanski tegljači imaju dugo nadgrađe s nastambama, a na starijim tegljačima su nastambe ispod palube. Elementi trupa, osovinski vod i temelji pogonskog stroja često su jači od propisanih. Imaju dva kormilara mjesto, jedno na komandnom mostu i drugo iza komandnog mosta u blizini vučnih bitvi, sa slobodnim vidikom preko krme. Tegle pomoću vučnog vitla ili vučnih bitvi. Vučna kuka nije prikladna jer se ne može podešavati dužina vučnog užeta. Na dugim vožnjama u vuči pogonska snaga iznosi u prosjeku 2/3 maksimalne snage jer se ne tegli maksimalno mogućom, već najekonomičnijom brzinom. Prosječna je brzina tegljenja glomaznih objekata 3...3,5 čv.

Radi boljeg ponašanja na valovima pramčana rebra su izbačena. Na motornim tegljačima često je potrebno ugraditi stalni balast na krmu, jer krmene linije moraju radi boljeg stepena djelovanja propelera da budu oštre, pa se pogonski motor mora smjestiti više prema pramcu, što izaziva pretegu. Stalni balast sprečava pretegu ili stvara zategu, te je propeler dublje uronjen.

Oceanski tegljači imaju nešto manju metacentarsku visinu nego ostali tipovi tegljača. Omjer metacentarske visine i širine broda  $MG/B$  kreće se od 0,062 do 0,082, ali ni u kojem slučaju metacentarska visina ne smije biti manja od 0,4 m. Nadvođe je obično tako visoko da omjer gaza i bočne visine  $T/H$  iznosi 0,85.

Omjeri glavnih dimenzija i koeficijenti forme trupa oceanskih tegljača su u prosjeku:  $L/B = 3,5 \dots 6$ ,  $B/T = 2 \dots 2,6$ , koeficijent istisnine tegljača sa parnim pogonom je  $\delta = 0,55 \dots 0,62$ , koeficijent glavnog rebra  $\beta = 0,85 \dots 0,88$ , koeficijent vodne linije  $\alpha = 0,75 \dots 0,8$ .

**Riječni tegljači neograničenog gaza** nisu specijalno projektirani za plitku vodu i vrlo su slični lučkim i manjim obalnim mor-

skim tegljačima. Dužina im se kreće od 15 do 30 m, pogon je redovito motorni da bi bunker goriva bili što manji. Bunker goriva su dimenzionirani za potrebe od približno tjeđan dana, a smješteni su u pramčanom dijelu ili u sredini broda. Smještaj posade je ispod palube na krmu, osim kabina kapetana i strojara, koje su obično ispod palube na pramcu.

Za razliku od sličnih morskih tegljača, ovi brodovi imaju ravan gaz i gotovo ravnu palubu. Prosječni omjeri glavnih dimenzija jesu:  $L/B = 3,5 \dots 5$ ,  $T/B = 2,6 \dots 2,9$ , koeficijent istisnine  $\delta = 0,48 \dots 0,65$ , glavno rebro je puno, pa je koeficijent glavnog rebra  $\beta = 0,85 \dots 0,95$ , koeficijent vodne linije  $\alpha = 0,75 \dots 0,80$ .

Konstruktivni elementi trupa se određuju prema propisima klasifikacionih društava, a samo manji tegljači eventualno imaju pojedine elemente trupa nešto jače od propisanih.

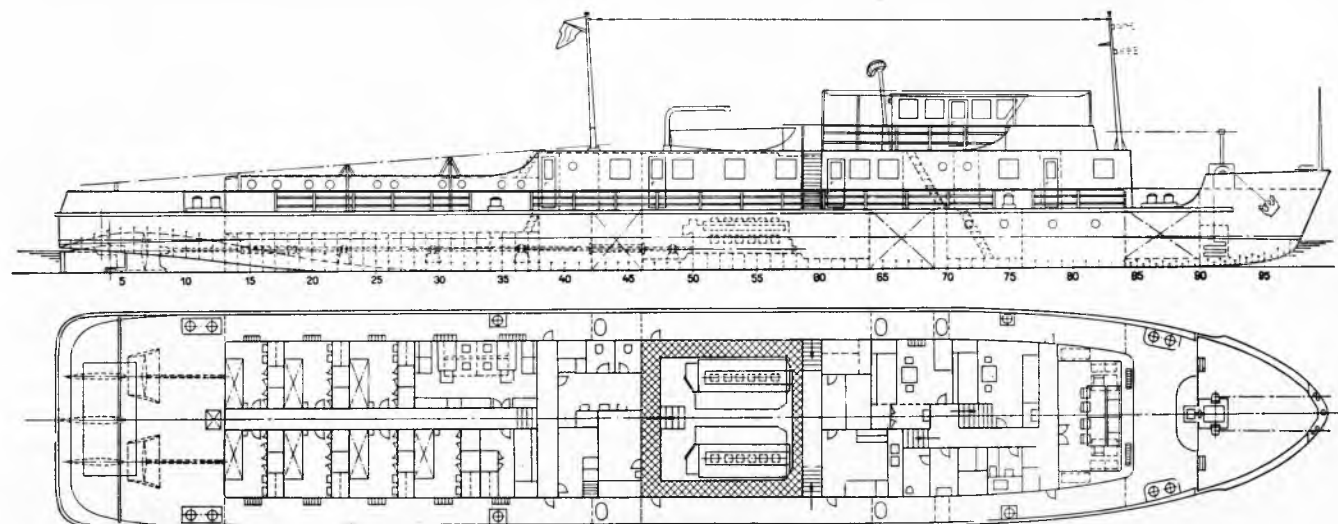
**Riječni tegljači ograničenog gaza** (sl. 16). Svi veliki riječni tegljači preko 30 m dužine imaju gaz manji nego što bi odgovaralo dužini i širini broda. Zbog ograničenog gaza i promjer propelera je redovito manji od optimalnog. Zato je pogon ovih tegljača viševijčan, s propelerima smještenim u tunelu ili u sapnici, a ponekad se još uvijek upotrebljava i pogon na kotače. Cikloidni propeler, iako ne zahtijeva velik gaz, ne odgovara za ovaj tip tegljača jer je suviše osjetljiv pa ga pijesak, mulj i ploveće drvle u riječnoj vodi brzo oštete.

Pogonski uređaj mora biti lagan, pa se danas obično upotrebljavaju srednje brzi ili brzi pogonski dizel-motori. Parni pogon se još upotrebljava samo na tegljačima s kotačima, ali već postoje tegljači s kotačima na dizel- ili dizel-električki pogon.

Ovi tegljači imaju vrlo malu bočnu visinu i malo nadvođe, pa ispod palube nema mjesta za nastambe posade. Nastambe su u palubnim kućicama, koje su na krmenom dijelu broda djelomično upuštene u palubu. Paluba je ravna, a neki tegljači s velikim krmnim tunelima ili kotačima imaju čak i negativan skok palube, tj. paluba se uzdiže prema sredini, a pada prema krajevima broda. Strojarnica je smještena na sredini broda, a na tegljačima s više krmnih tunela ili više vijaka u sapnicama pomaknuta je malo prema pramcu, jer je i težište uzgona takvih brodova ispred sredine trupa.

Za tegljenje služi vučno vitlo smješteno na povišenoj palubi na sredini broda. Pogon vitla je redovito motoran. Vučno uže je čelično, a za vrijeme tegljenja učvršćeno je u zaporu da ne opterećuje vučno vitlo. Ovi tegljači često tegle svaku teglenicu zasebnim užetom, pa moderna vučna vitla imaju za svako uže poseban neovisan bubanj.

Velika dužina i širina a mala bočna visina ovih tegljača vrlo su nepovoljni za uzdužnu čvrstoću broda, pa elemente broskog trupa treba odrediti detaljnim proračunom čvrstoće. Da se smanje naprezanja dugačke, ravne palube, treba predvidjeti odgovarajuća uzdužna pojačanja. Na modernim tegljačima ovog tipa kao uzdužno pojačanje palube obično služi neprekinuta duga palubna kućica s jakim uzdužnim bočnim zidovima i jaka puna ograda palube.

Sl. 16. Jugoslavenski riječni tegljač s ograničenim gazom »Marian«;  $L_{CWL} = 49,2$  m,  $B = 8,3$  m,  $T = 1,2$  m,  $H = 2,4$  m,  $\Delta = 319$  t, snaga pogonskog motora 1260 KS

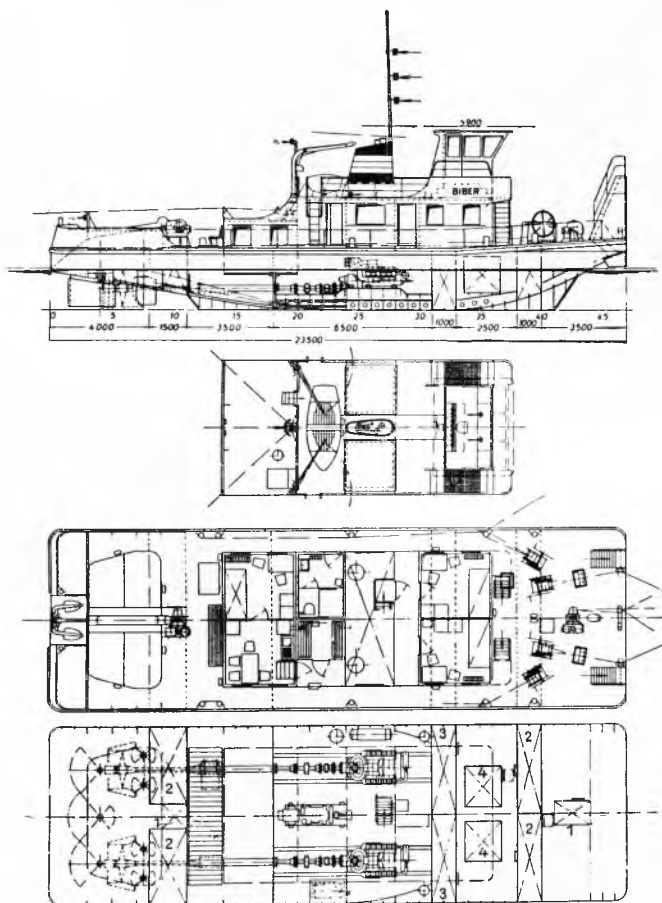


Sl. 17. Jugoslavenski gurač »Deligrad« ( $L_{OA} = 39$  m,  $B = 9$  m,  $T = 1,7$  m, maksimalna snaga 1500 KS) sa sastavom od četiri 1000-tonske teglenice

Veliki riječni tegljači ponekad imaju i skladišta tereta pa istovremeno tegle teglenice i sami prevoze teret. Takvi tegljači su svojom konstrukcijom vrlo slični riječnim teretnim brodovima.

Riječni tegljači ograničenog gaza imaju vrlo pune forme trupa. Koefficient istisnine  $\delta$  je za brodove ispod 40 m dužine od 0,62 do 0,65, za brodove dužine 40...60 m iznosi 0,65...0,75, a na brodovima preko 60 m dužine 0,75...0,77. Tegljači s bočnim kotačima imaju koefficient istisnine i do 0,88, a ako su kotači na krmu, onda je  $\delta = 0,65...0,78$ . Koefficient glavnog rebra  $\beta = 0,95...0,99$ . Omjeri glavnih dimenzija jesu:  $L/B = 7...8$ ,  $B/T = 5,5...7$ ,  $H/T = 1,7...2,5$  u prosjeku.

**Gurači** (sl. 17 i 18) su tip riječnog broda koji gura teglenice mjesto da ih tegli. U određenim uvjetima (regulirana i relativno široka rijeka bez brzica i oštih okuka) guranje je povoljnije od



Sl. 18. Generalni plan gurača »Biber«  
1 balastni tank, 2 lančanik, 3 tank goriva, 4 tank pitke vode

tegljenja, jer kompaktni gurački konvoj ima manji otpor od niza odvojenih teglenica vezanih za tegljač. Zato je za guranje teglenica potrebna manja pogonska snaga, a manji je i utrošak goriva po toni tereta i jedinici prevaljenog puta. Nadalje, investicijski troškovi gradnje guranih sastava su niži, jer gurane teglenice nemaju nastambi ni kormilarskih uređaja, a oblik trupa im je vrlo jednostavan. Troškovi eksploatacije su također niži, jer na guranim teglenicama nije potrebna posada.

Osim malog dijela na pramcu gurači obično nemaju slobodne palube, već se po čitavoj dužini proteže nadgrađa s nastambama za posadu. Nadgrađa na pramčanom dijelu broda je povišeno, s kućicom kormilarnice povrh nadgrađa. Strojarnica je smještena u sredini broda. Za pogon redovito služe dva ili više propelera u sapnicama ili tunelima.

Gurači imaju pojačanu konstrukciju pramca, jer pramac preko upornih stupova preuzima silu guranja, a izvrgnut je i dinamičkim silama i udarcima prilikom formiranja sastava, a dodatnim silama pri zaokretanju sastava. Iako su gurači relativno kratki



Sl. 19. Gurački sastav sa samopodesivnim zglibno-elastičnim vezama teglenica

brodovi, ipak uzdužna čvrstoća predstavlja problem zbog neujednačenog rasporeda težina i uzgona. Od sredine broda prema krmu dno trupa se uzdiže da bi se dobio prostor za smještaj propelera i osiguralo pravilno pritjecanje vode propelerima i kormilima. Uslijed toga je težina krmenog dijela broda veća od uzgona na tom području, što izaziva dodatna naprezanja savijanja, pa je potrebno da se ugrade pojačani elementi uzdužne čvrstoće koji preuzimaju ta naprezanja. Zato gurači obično imaju dvije do četiri uzdužne pregrade kroz čitavu dužinu broda, pojačana pasma i pojačane palubne podveze. Gurači obično nemaju dvodna.

Gurači imaju znatno jače kormilarske uređaje nego obični tegljači jer moraju upravljati čitavim guranim sastavom. Osim glavnih kormila iza propelera redovito imaju i po dva pomoćna kormila ispred svakog propelera. Pomoćna kormila služe pri vožnji krmom i pri manevriranju sa sastavom.

U novije vrijeme patentiran je sistem spajanja teglenica pomoću samopodesivih zglibno elastičnih veza. Takve veze omogućavaju da se u zavojima rijeke, uslijed djelovanja centrifugalne sile i pramčanog kormila na prednjoj teglenici, cijeli sastav povija i slijedi zakrivljeni tok rijeke, pa stoga može ploviti i tokovima s oštrim zavojima (sl. 19).

Gurači imaju jednostavnu formu trupa s punim pramčanom dijelom i skošenim dnom na krmenom dijelu. Podvodni dio pramca je obično kašikaste forme, a u nadvodnom dijelu prelazi u široku, ravnu plohu na kojoj su uporni stupovi za guranje. Dužina gurača se kreće od 15 do 40 m, a omjeri glavnih dimenzija jesu:  $L/B = 3...5$ ,  $B/T = 3...6$ ,  $H/T = 1,4...1,8$ . Koefficient istisnine  $\delta$  je od 0,52 do 0,65, koefficient glavnog rebra  $\beta$  od 0,92 do 0,99, a koefficient vodne linije  $\alpha \approx 0,84$ .

LIT.: A. R. Taylor, A note on tug design, Trans. INA, 84, 115...120 (1942). — C. D. Roach, Tugboat design, Trans. SNAME, 62, 593...642 (1954). — D. A. Argyriadis, Modern tug design with particular emphasis on propeller design, manoeuvrability and endurance, Trans. SNAME, 65, 362...444 (1957). — P. Grieg, Modern harbour tug design, The Motor Ship, 41, 436...439 (1960). — M. Jovanović, Dimenzije jedinica guranih i tegljenih sastava, Brodogradnja, 12, 133...142, 163...171 (1961). — R. Munro-Smith, Tug design, The Shipbuilder & Marine Engine Builder, 1962, Jan. 47...53.