

## Ravnomjerni raspored ukrcanog tereta s obzirom na čvrstoću broda

UDK 629.123,4+620.1

### Osnovni pojmovi o čvrstoći broda

Pojavom specijaliziranih brodova za prijevoz rasutih čvrstih i tekućih tereta, posebno u zadnjih 25 godina, znatno su se povećale konstruktivne dimenzije broda, a samim time i prostorni kapacitet za smještaj tereta. Još ranije, čim je počeo razvoj tankera, kod njihove gradnje nužno je bilo primijeniti sasvim nova rješenja, jer su njihove dimenzije stalno povećavane. Brodograđevna industrija je revidirala, poboljšala i primijenila u novim uvjetima nova teoretska saznanja u gradnji broda. Paralelno su i klasifikaciona društava izvršila reviziju starih i izdala nova pravila za gradnju brodova prema zahtjevima svjetskog pomorskog tržišta.

Razvoj tankera bio je tako uvjetovan enormnim povećanjem utroška energije u svijetu, a posebno se to odrazilo na potrošnju tekućih goriva. U svom nevjerojatno i brzom razvoju svjetska privreda razvijenih i srednje razvijenih zemalja gutala je ogromne količine sirovina za čiju preradu se zahtijevala i odgovarajuća energija. Posebno dinamičan razvoj Japana utjecao je na izgradnju sve većih tankera i specijaliziranih brodova za prijevoz rasutih čvrstih tereta. Da bi smanjili velike dnevne operativne troškove i uz relativno niske vozarine ostvarili visoke profite veliki prijevoznici naručivali su tankere i bulkcarriere vrlo velikih dimenzija, koji su se pokazali daleko uspješniji od brodova klasičnih dimenzija.

U samom početku tog razvoja postavilo se logično pitanje koliko je moguć rast dimenzija broda i s tehničkog i ekonomskog aspekta. Taj optimum bilo je naročito teško utvrditi, iako je u početku vladala logika (ne bez osnove) veći brod — jeftiniji prijevoz, veća zarada po jednom putovanju. Ipak se vremenom došlo do nekih realnih saznanja, ali to je pitanje koje ovdje nećemo razmatrati. Međutim, potrebno je istaknuti, da je poslije sueske krize 1976. god. došlo do još intenzivnijeg porasta dimenzija brodova, tako da su specijalizirani brodovi za prijevoz rasutih tereta preko 100.000 tona nosivosti i preko 200 metara dužine postali sasvim normalne pojave.

Kod iskorištavanja tih brodova u pomorskim prijevozima, a u tekućim operativnim poslovima, pred komandno osoblje na brodu, a prije svih zapovjednika i I. oficira palube, postavili su se teži i delikatniji zadaci u rješavanju problema kod rasporeda ukrcaja i iskrcaja tereta i održavanja povoljnog stabiliteta broda tokom plovidbe. Ti problemi su postojali i ranije, ali zbog manjih konstruktivnih dimenzija brodova njihovi efekti (osim u ekstremnim slučajevima) nisu do-

lazili do većeg izražaja. Ovi problemi sastoje se u slijedećem:

Povećanjem dužine, širine i visine odnosno gaza broda enormno su porasla uzdužna, poprečna i lokalna opterećenja brodske konstrukcije, pa se neminovno moralo povesti više računa o silama koje tokom eksploatacije broda djeluju na trup broda.

Zbog velikog omjera dužine prema širini, brodski trup se može smatrati škrinjastim šupljim nosačem, koji je naročito opterećen na savijanje u uzdužnom smjeru zbog nejednolike raspodjele sila uzgona i težina po dužini broda. Može se samo zamisliti do kakvih izuzetnih naprezanja dolazi na brodu dužine preko 200 metara kad se nađe u teškom vremenu nakrcan teretom do maksimalno dozvoljenog gaza. Ako se zna da dužina oceanskih valova može dostići 300 metara, a visina preko 10 metara, onda je jasno kakvim sve naprezanjima biva izložen brod koji u zimskim mjesecima poduzima putovanje nakrcan željeznom rudačom iz Narvika (Norveška) za Tobatu (Japan) koristeći na tom putovanju Panamski kanal, koji uzgred rečeno mora proći sa trimom na ravnoj kobilici i bez poprečnog nagiba. (Autor ovog rada imao je prilike da za samo četrnaest mjeseci prevozeći željeznu rudaču iz Perua i Čilea za Japan pređe preko Pacifika jedanaest puta preivalivši brodom 110.000 NM koji je bio dug 200 metara — i to u svim vremenskim prilikama i godišnjim dobima).

Kako su se dimenzije broda povećavale znatno su porasla i druga naprezanja, a ne samo od savijanja. Osim savijanja u vertikalnoj ravnini, brodski je trup izvrnut u uzdužnom smjeru i savijanju u horizontalnoj ravnini zbog razlike pritiska vode na oba brodska boka, zatim je izložen torziji ako se plovi koso na valove, jer tad sile uzgona pojedinih dijelova broskog trupa više ne leže u uzdužnoj simetralnoj ravnini broda. Osim u uzdužnom smjeru brod je opterećen i u poprečnom smjeru: pritiskom vode, teretom koji nosi, težinom strojeva i uređaja, te vlastitom težinom konstruktivnih elemenata.

Ovdje ćemo još spomenuti da se ukupna čvrstoća broda dijeli na:

- a) uzdužnu čvrstoću
- b) poprečnu čvrstoću
- c) lokalnu čvrstoću

Kako bismo imali točan uvid u ukupnu čvrstoću broda vrše se proračuni opterećenja i naprezanja. Da se dobije opterećenje uzdužnih veza, koje osiguravaju uzdužnu čvrstoću broda, potrebno je proračunati poprečne sile i momente

savijanja u pojedinim poprečnim presjecima po dužini broda. U praksi se prvo računaju poprečne sile i momenti kad brod plovi u mirnoj vodi, a zatim se pribrajaju vrijednosti dodatnih poprečnih sila i momenata savijanja uslijed djelovanja valova. Rekli smo da osim u uzdužnom smjeru brodski trup je opterećen i u poprečnom smjeru.

Razlikujemo statičko i dinamičko poprečno opterećenje. Također se javljaju i lokalna opterećenja brodske konstrukcije, onda kad opterećenje djeluje koncentrirano npr. ispod uređaja za ukrcaj teških tereta, sidrenih vitala, a nije raspodijeljeno po većoj površini, kao npr. pritisak vode. Takva opterećenja obično su poznata. Ona se sastoje od težine dotičnih uređaja, te sila inercije njihovih masa uslijed gibanja broda na valovima i eventualno drugih dinamičkih sila (npr. udara pri padu tereta).

Do znatnih lokalnih opterećenja dolazi prilikom dokovanja broda.

Momenti savijanja izazivaju u svakom poprečnom presjeku broskog trupa normalna naprezanja, a poprečne sile smična naprezanja. Na brodovima koji su građeni poprečnim sistemom gradnje, poprečnu čvrstoću osiguravaju poprečni okviri i poprečne pregrade. Okvir se, s obzirom na poprečno opterećenje, uzima kao cjelina, utjecaj oplata i palube smatra se kao nepokretno uporište okvira. Utjecaj uzdužnih veza uzima se u obzir kao dodatno opterećenje okvira. Kao nepokretna uporišta djeluju i uzdužne pregrade.

Pojačanje brodske konstrukcije s obzirom na lokalna opterećenja dimenzionira se na osnovi proračuna čvrstoće statički neodređenih sistema, koji se sastoje od greda, okvira, roštilja i ploča, metodama koje se primjenjuju kod proračunavanja uzdužne i poprečne čvrstoće.

Prosudivanje sigurnosti brodske konstrukcije vrši se na osnovi **koeficijenta sigurnosti**, koji se definira kao omjer između graničnog i stvarnog opterećenja ukupne brodske konstrukcije.

Mora se reći, da opterećenja koja izazivaju naprezanja brodske konstrukcije redovno postoje na svim vrstama brodova bez obzira na njihove dimenzije, ali ona nisu na svakom brodu toliko izražena.

Naravno, sasvim je jasno da se kod poprečnog raspoređivanja ukrcanog tereta i brod od 100 metara dužine, zbog neravnomjernog opterećenja brodske konstrukcije, može tokom plovidbe izložiti takvim naprezanjima da dođe do trajnih deformacija pa i puknuća. Tolerancija grešaka u pridržavanju propisanih kriterija za maksimalno dopuštena opterećenja na velikim brodovima su gotovo nikakve. Bolje rečeno, tolerancije nema, jer samim proračunom za maksimalno dopušteno opterećenje uzete su i izvjesne rezervne pa se za brodsko osoblje točno i strogo zna granicija koja se ne smije preći. Zanimljivo je primijetiti da se ranije na manjim brodovima umjerenih dimenzija nikad nije izvodio račun opterećenja broskog trupa, a može se slobodno reći da ga je mali broj oficira palube i znalo, jer ga nisu temeljitije izučavali tokom školovanja.

Do kakvih sve katastrofalnih posljedica može doći (posebno kod dugih brodova) najbolje će vidjeti iz nekoliko primjera koji će se ovdje navesti:

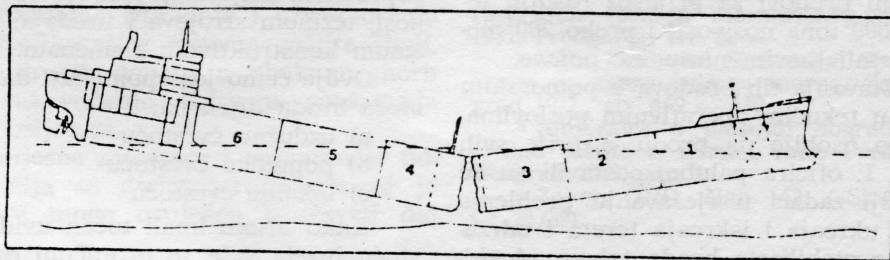
- a) U proljeće 1979. god. se supertanker »BETELGEUS« prelamio prilikom iskrcavanja tereta između skladišta broj 3 i 4, a zbog nepravilne procedure iskrcavanja tereta i korozijom oslabljene konstrukcije (nastao je nenormalan **progib broda**), a brod nije bio opremljen odgovarajućim instrumentom za računanje opterećenja trupa.
- b) Slijedećeg ljeta (1980) u luci Rotterdam prelamio se, također supertanker, »Energy Concentration« (nastao je **pregib broda**), iako je na brodu postojao odgovarajući instrument-kalkulator.

Međutim, instrukcije su bile napisane na nevažećem jeziku, a budući da je brod bio preprodan, njegova kineska posada nije razumjela instrukcije.

Sučaj se dogodio dok je brod iskrcavao teret tekućeg goriva. Srećom brod se nije zapalio kao što se to dogodilo sa »Betelgeusom«.

Budući da naprezanja trupa broda ovise i o brzini, to je savim razumljivo da u neviđenom treba podesiti brzinu broda tako da konstrukcija broda što manje trpi. Slijedeći primjeri pokazuju do kakvih nezgoda može doći ako se brzina broda ne podesi datoj situaciji u kojoj se brod nalazi:

- a) Sredinom šezdesetih godina u području voda



Sl. 1 Strukturni katastrofalni prelom tankera »Betelgeusa« zbog neispravne procedure iskrcavanja i korozijom oslabljenog broskog trupa

u blizini Kamčatke brod »VALERIJ ČKALOV« povećao je brzinu u namjeri da izbjegne naskanje. Brod je time bio izložen jakim udarima mora i prelomio se, iako je u tom slučaju povećanje brzine bilo i opravdano.

b) Godine 1946. tanker tipa T-2 »DONBAS« zapao je u Pacifiku u veliko nevrijeme. Brod je bio pod punim teretom, ali u najžešćem nevremenu zapovjednik tog broda nije smanjio brzinu i brod se prelomio na dva dijela.

Moglo bi se nažalost nabrojati još mnogo primjera u kojima je došlo do potpunog gubitka broda i ljudskih života zbog **nepravilnog rasporeda tereta i nepodešene brzine** broda u datim okolnostima. Zato je pravilan raspored tereta, razmatranje i računanje poprečnih sila i momenata savijanja u mirnoj vodi, a zatim i dodatnih poprečnih sila i momenata savijanja uslijed djelovanja valova, jedno od važnih pitanja u sigurnoj eksploataciji broda. Proračunom za mirnu vodu može se dobiti dobar uvid u uzdužnu čvrstoću broda, a posebno o utjecaju što ga na nju ima razmještaj tereta na brodu. Na temelju takvih proračuna danas brodogradilišta prilikom isporuke broda daju i planove opterećenja.

Sva klasifikaciona društva zahtijevaju takav proračun.

Pod utjecajem valova na moru opterećenja broskog trupa znatno se povećavaju. Dug val s brijegom po sredini broda pojačava sile iz smjera uzgona, pa će savijanje broda preko vala tj. **pregib** biti snažniji izražen. Ako se međutim sredina broda nađe u dolini vala, a pramac i krma u isto vrijeme na bregovima dva vala, savijanje će nastati u suprotnom smjeru od sila uzgona tj. nastat će **progib** trupa. Tada je paluba opterećena na tlak, a dno na vlak, dok je u prvom slučaju obrnuto.

Do opterećenja kojima je izložen cijeli trup broda, shvaćen kao škrinjasti (šuplji) nosač koji leži na elastičnim temeljima tj. koji pliva u tečnom fluidu, dolazi i zbog:

- Opterećenja nastalih zbog neravnomjerne ili različite longitudinalne distribucije sila u smjeru gravitacione sile (raspored težina) i suprotnih njima sila uzgona, gdje se smatra da brod miruje u mirnoj vodi.
- Dodatnih opterećenja nastalih zbog nailaska i prolaska serije (niza) valova, pri čemu se smatra da brod miruje tj. ne kreće se kroz vodu.
- Opterećenja nastalih zbog superpozicije niza valova na valove prouzrokovanih kretanjem vlastitog broda kroz mirnu vodu.
- Varijacije u distribuciji težina koje nastaju akceleracijom prouzrokovanom kretanjem broda.

Budući da se opterećenja nastala kao u točki

- a) i b) smatraju kao najteža, ona služe kao osnova za standardnu kalkulaciju koja se uzima kao komparativni indikator u odnosu na čvrstoću drugih sličnih brodova. Efekti koji su opisani u točki c) i d) su manji i obično se ne uzimaju u račun osim u statističkom prilazu rješenja problema.

## Standardna kalkulacija

Ako pretpostavimo da brod nikada ne naiđe na valove, koji kako smo već rekli, izazivaju mnogo jača naprezanja brodske konstrukcije od onih koje zamišljamo da su nastala jednim valom čija je dužina jednaka dužini broda, tada imamo dva tipična slučaja i to:

- Brijeg vala po sredini broda, a dol vala na krajevima broda prouzrokuju maksimalni **pregib** (hogging) broda.
- Dol vala po sredini broda i brijeg vala na krajevima broda prouzrokuje **progib** (sagging).

Pretpostavlja se da brod momentalno miruje i balansira na valu sa nultom vlastitom brzinom, a akceleracija i reakcija mora uzimati se kao u statičkoj vodi. Ako se krivulja distribucije uzgona i krivulja distribucije težina odbiju jedna od druge dobit ćemo neto opterećenje  $q'$ .

Fundamentalna relacija u jednoj točki elastične grede (nosača) je:

$$q' = \frac{dQ}{dx} = \frac{d^2M}{dx^2}$$

gdje  $q'$  predstavlja opterećenje po jedinici dužine,  $Q$  je poprečna sila (smična) koja izaziva smična naprezanja,  $M$  je moment savijanja koji izaziva normalna naprezanja, dok  $x$  definira poziciju uzduž grede, pa prema tome imamo

$$Q_x = - \int_0^x q' dx \quad M_x = \int_0^x Q_x dx$$

ili

$$M_x = - \int_0^x \int_0^x q' dx dx$$

Znači da krivulja opterećenja  $q'$  mora biti integrirana po cijeloj dužini da se dobije krivulja poprečnih (smičnih) sila u mirnoj vodi, a zatim se krivulja poprečnih (smičnih) sila integrira da se dobije krivulja momenta savijanja.

Na osnovi maksimalnog momenta savijanja i smičnih sila može se dobiti iznos normalnog naprezanja nastalog zbog savijanja i iznos smičnog naprezanja nastalog zbog poprečnih (smičnih) sila, kako to slijedi

$$\text{Normalno naprezanje} = \frac{M}{I/y} \quad (1)$$

gdje je  $M$  veličina momenta savijanja,  $I$  moment tromosti površine presjeka uzdužnih veza,  $y$  udaljenost mjesta na kojem se traži naprezanje od neutralne osi.

Zatim imamo,

$$\text{Smično naprezanje} = \frac{Q \times S}{I \times t}$$

gdje je  $Q$  poprečna sila u dotičnom presjeku,  $I$

<sup>1</sup>  $I/y$  je modul poprečnog efektivnog strukturalnog presjeka

moment tromosti, S statički moment polovice površine onog dijela presjeka koji leži iznad (ili ispod) mjesta na kojem se traži naprezanje, t je debljina materijala.

Često brodovlasnici zahtijevaju (danas to i moraju) od brodogradilišta proračune opterećenja i čvrstoće broda, koji su veoma korisni i važni na brodu kao početni pokazatelji uzdužne i poprečne čvrstoće (sila smicanja).

Tokom šezdesetih godina klasifikaciona društva revidirala su Pravila iz tridesetih godina s namjerom da ubuduće podvrgnu strukturno projektiranje broda boljim i kvalitetnijim pravilima o gradnji, koja su tom revizijom postala strožija.

Temeljnim teoretskim istraživanjima problem čvrstoće broda izvanredno je riješen tako da je moglo doći do rapidne ekspanzije gradnje tankera velikih dimenzija, a i naglog razvoja drugih tipova brodova.

Pravila se zasnivaju na logičnoj podjeli ukupnog momenta savijanja na dva dijela:

a) moment savijanja u mirnoj vodi (M S M V)

b) moment savijanja na valu (M S N V)

a) moment savijanja u mirnoj vodi nastaje uslijed relativne distribucije težina i djelovanja sila uzgona po cijeloj duljini broda. Distribucija težina uvjetovana je konstrukcijom broskog trupa, položajem strojarnice i rasporedom masetereta. Distribucija sila uzgona uvjetovana je geometrijom trupa broda, prije svega duljinom broda i koeficijentom punoće ili istisnine.

b) moment savijanja na valu je onaj koji nastaje superpozicijom djelovanja valova na stanje broda u mirnoj vodi i uvjetovan je geometrijom broda i vala, a na nikakav prihvatljiv način nije uvjetovan rasporedom težina na brodu.

U stvari kada se jednom utvrde konačne dimenzije broda projektant ne može više ništa učiniti da smanji moment savijanja na valu.

U proračunima se uzima da se maksimalni moment savijanja događa na sredini broda i može biti predočen parom uzajamnih djelovanja uzrokovanih silama uzgona i težinama koje djeluju prema pramcu i prema krmi.



$\text{Maks. MSMV} = (\text{moment uzgona}_{pr} - \text{moment težina}_{pr}) \text{ prema pramcu}$ $\text{Maks. MSMV} = (\text{moment uzgona}_{kr} - \text{moment težina}_{kr}) \text{ prema krmi}$
---

oznake i simboli:

- |   |  |
|---|--|
| <p><math>M_p</math> - ukupni moment težina</p> <p><math>M_b</math> - ukupni moment uzgona</p> <p><math>m_b pr</math> - moment uzgona prema pramcu</p> <p><math>m_b kr</math> - moment uzgona prema krmi</p> | <p><math>m_p pr</math> - moment težina prema pramcu</p> <p><math>m_p kr</math> - moment težina prema krmi</p> <p style="text-align: right;"><math>\text{Maks. MSMV} = M_b - M_p</math></p> |
|---|--|



$$\text{Ukupni moment uzgona } (M_b) = \frac{(m_b pr + m_b kr)}{2}$$

$$\text{Ukupni moment težina } (M_p) = \frac{(m_p pr + m_p kr)}{2}$$

$\text{Maks. MSMV} = \frac{(m_b pr + m_b kr)}{2} - \frac{(m_p pr + m_p kr)}{2}$
---

što se tiče maksimalnog momenta savijanja u mirnoj vodi kao razlike srednjih momenata uzgona i težina koji djeluju prema pramcu i prema krmi Lloyd Register je dao srednji položaj uzdužnih koordinata težišta istisnine za polovinu trupa (tj. srednju udaljenost od sredine broda za obje polovine brodskog trupa) kao  $aL$ , gdje se  $a$  dobije iz posebne tablice. Srednji moment težina dobije se pomoću srednjih pramčanih i krmenih momenata, težine trupa, stroja i tereta, te posebnog koeficijenta trupa koji se uzima 0,24L za tankere, 0,23L za brodove sa zaštitnom palubom i 0,215L za putničke brodove sa velikim središnjim nadgrađem. Ako je  $cL$  uzdužna koordinata sistemnog težišta broda (G) dobijena na ovaj način i to za prednji i zadnji dio brodskog trupa tada je;

$$\text{Maks. moment savijanja u mirnoj vodi} = \frac{\Delta}{2} (a - c) L$$

S obzirom da se numerički iznosi veličina  $c$  i  $a$  malo razlikuju, oni moraju biti izračunati sa dosta preciznosti.

Smična sila koja odgovara ovako dobijenom momentu savijanja u mirnoj vodi približno je data sa slijedećom formulom:

$$\text{Maks. sila smicanja u mirnoj vodi} = \frac{6 \times \text{MSMV}}{L}$$

Moment savijanja na valu profila L/20 predstavljen je približnom formulom tipa, konstanta X  $BL^3$

$$a \text{ za val profila } 1,1 \sqrt{L} \text{ konstanta X } BL^{5,2}$$

Ova konstanta ovisi o tipu broda i prizmatičnom uzdužnom koeficijentu  $C_p$  ili koeficijentu punoće  $C_b$  i najbolje se određuje na osnovi uspoređivanja sa rezultatima dobivenim na ranije izgrađenim brodovima.

Npr. konstanta za profil vala L/20 za ratni brod tipa fregate iznosi približno  $7N/m^3$  ( $20 \times \text{tonf/ft}^3$ ). Formula za minimalni iznos modula I/y presjeka središnje sekcije broda data od Lloyd Registra za primjenu njihovih pravila iz šezdesetih godina, u kojoj modul I/y ne smije iznositi manje od najvećeg iznosa desne strane jednadžbe, glasi:

$$I/y = f KB (C_b + 0,70) \times 10^5 \text{ cm}^3$$

ili

$$I/y = 1/3 fKB (C_b + 0,70) \times 10^5 + 92 \text{ MSMV} (C_b + 0,20) \text{ cm}^3$$

gdje je  $f = 0,85$  ili  $0,90$  ako su skladišta prazna  $C_b =$  koeficijent punoće istisnine kod maksimalnog gaza za potpuno nakrcan brod ili  $T = 0,45 L$ , ako je taj iznos veći, ali se  $C_b$  ne smije uzeti manji od 0,60.

K =	0,985	2,382	4,594	7,722	11,347
za L(m) =	100	150	200	250	300

Prvi dio ove formule podrazumijeva moment savijanja na valu i približno je,

$$\text{MSMV} = \text{konstanta} \cdot (C_b + 0,70) \cdot BL^{2,25}$$

Eksponent za L klasifikaciona društva daju između 2,25 i 2,5 što ovisi o pravilima pojedinih klasifikacionih društava.

Dopušteno i prihvatljivo naprezanje varira već prema tome o kojem se klasifikacionom društvu radi i koje se formule upotrebljavaju. Naprezanja koja odgovaraju gornjim formulama (za momente savijanja / / / ) su oko  $120 \text{ MN/m}^2$  za moment savijanja na valovima i  $70 \text{ NM/m}^2$  za moment savijanja u mirnoj vodi i to važi za tankere koji su opremljeni sa odobrenim sistemom katodne zaštite protiv korozije. Nešto niža naprezanja su uobičajena na teretnim i putničkim brodovima. Zahtijevani momenti, koji ispunjavaju navedene iznose, određeni su kombinacijom odvojenih specifičnosti za savijanje na valu i savijanje u mirnoj vodi na takav način da se postigne mali moment savijanja u mirnoj vodi.

S obzirom da su konačni iznosi naprezanja pod kontrolom zapovjednika broda, on na brodu mora imati precizne i jasne instrukcije u vezi dopuštenih i prihvatljivih opterećenja njegovog broda.

Ovdje spomenute formule su upotrebljive kao početna i aproksimativna indikacija naprezanja brodskog trupa, a one se danas nadomještaju i upotpunjuju statističkim metodama stalno usavršavanjem.

Na kraju želim naglasiti, da je ponašanje broda na valovima i u mirnoj vodi veoma ozbiljan i kompleksan problem koji zahtijeva temeljito izučavanje konstrukcije i strukture brodskog trupa, koji se mora razmatrati iz dva bitna aspekta:

- određivanje opterećenja
- reakcija brodske konstrukcije na ta opterećenja

Želim istaći da mi ovdje nije bio cilj da detaljnije ulazim u probleme čvrstoće broda (uostalom to je stvar brodograđevnih inženjera) nego da opišem samo najosnovnije pojmove iz čvrstoće broda u mjeri u kojoj bi svaki prosječni suvremeni zapovjednik broda trebalo da ih zna, jer to danas izričito zahtijeva eksploatacija brodova visokog tehnološkog stupnja.

Osim toga također mi je bila namjera da posebno naglasim važnost ovog pitanja, jer je ono u uskoj vezi sa sve većom primjenom računala na brodu.

Upotrebljena literatura:

- Basic Ship Theory, Volume 1, third edition 1983.  
K. J. Rawson and E. C. Tupper, Longman-London, New York.
- Naval Architecture for Marine Engineers  
W. Muckle, Newnes-Butterworths, London 1975.
- Konstrukcija korpusa morskih sudova  
N. V. Barbanov, Lenjingrad 1969.
- Časopis »Lloyd's Ship Manager«, April 1986.
- Pomorska enciklopedija, novo izdanje.