

Nosivost, vlastita masa broda i entropija

Deadweight, Light ship Weight and Entropy

Igor Belamarić
e-mail: igor.belamarić@st.t-com.hr

UDK 629.12
Stručni članak / Professional paper
Rukopis primljen / Paper accepted: 17. 2. 2013.

Sažetak

U članku je riječ o glavnim izmjerama broda i njihovim međusobnim odnošajima. S obzirom na otpor i svekolike pomorstvene značajke broda, prednost imaju vitka korita. Također i niži omjeri širine prema gazu, npr. za oceanske teretne brodove poželjni su omjeri $L/B \leq 2,25$. Riječ je i o sastavnicama istisnine broda te o umijeću i težnji projektanta za što većim omjerima nosivosti DW/Δ .

Summary

The paper has discussed the main dimensions of the vessel and their interrelations. Taking into consideration the resistance and total features of seaworthiness of the vessel, narrow hulls represent considerable advantages. Similarly, lower ratios are required for the width to draft f.e. for deep sea cargo vessels amounting $L/B \leq 2,25$. The paper has discussed also the components of displacement of the vessel, and the skills and intention of the designer to achieve greater ratio of deadweight tonnage DW/D .

Projektant je dobio zadatak: osnovati brod koji će od A do B prevoziti teret C.¹ Ovdje simbol C podrazumijeva vrstu i masu tereta (t), iz čega proizlazi potrebni volumen skladišta (m³). Normalno je da bude zadana i brzina u uzlovima (nm/h), kojom će se teret C prevoziti. U projektom zadatku mogu biti navedeni još i drugi zahtjevi: npr. eventualno ograničeni gaz broda T, vrsta pogona, propisi koji će se primijeniti, itd. Ovdje treba odmah reći da ograničenje gaza bitno pogađa osnovu broda, dovodi do previsokih omjera širine prema gazu B/T, po pravilu poskupljuje i slabi hidrodinamičke i svekolike pomorske značajke broda. Zbog toga naručitelj, odnosno onaj koji sastavlja projektni zadatak, mora razborito promisliti o stvarnoj potrebi ograničenja gaza broda. U svjetlu entropijsko-ekološke paradigme to je već i pitanje etike, a baš u tome se proteklih pola stoljeća previše griješi.

Određivanje glavnih izmjera (protega) L, B, H, T, i njihovih međusobnih omjera, kao i određivanje koeficijenata forme, poglavito koeficijenta punoće C_p , te istisnine Δ , jedan je od prvih zadataka. Pritom će se projektant osloniti na vlastito iskustvo, i na raspoloživa vrela. Ono pak što nas stalno prati jest misao

¹ Osnovati i projektirati su istoznačnice. Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, dotični se kolegij zove Osnivanje broda.

o pouzdanom uporištu. Traži se čvrsti oslonac, čak aksiom, ako postoji. Naime, praksa pokazuje da različiti projektanti, za isti zadatak, dobivaju različite rezultate. Tako se, primjerice, za jednako zadan teretni brod od 15 000 dwt, duljine mogu razlikovati za desetak metara.

Stoljetna praksa i poznavanje brodske hidrodinamike upućuju na tipične, racionalne omjere L/B, L/H i B/T. Tako bi se moglo zaključiti da je optimalni omjer duljine prema širini oceanskog broda $L/B = 6$, i omjer prema visini $L/H = 10$. Inače omjer L/B pomorskih brodova, od čamaca i oceanskih teretnjaka do vitkih razarača, kreće se u rasponu od 2 do 10, a omjer L/H od 4 do 16. Dakle se omjeri $L/B = 6$, i $L/H = 10$, nalaze upravo pri sredini. I upravo te je omjere imala biblijska Arka, i to samo po sebi jest čudesno.² U stvarnoj praksi bude odstupanja od tih omjera, u oba smjera, ali bi projektant uvijek morao znati i racionalno obrazložiti odstupanja od tih – nazovimo ih – uporišta.

Razmotrimo sad naslovne pojmove, nosivost DW i vlastitu masu LS, i njihov međusobni odnos. Ponajprije objasnimo same simbole.

U praksi se umjesto termina *vlastita masa broda* također čuje, ili pročita: *masa praznoga broda*. Definicija, odnosno sadržaj pojmova vlastite mase i nosivosti (...) i reče Bog Noi: neka korablja bude trista lakata u duljinu, pedeset u širinu, a trideset lakata u visinu. – Biblija, Stvarnost, Zagreb, 1968.

KLJUČNE RIJEČI

nosivost
vlastita masa
istisnina
omjeri glavnih protega
pomorstvenost
entropijski otisak

KEY WORDS

deadweight
lightship weight
displacement
principal dimensions and their ratios
seaworthiness
entropy footprint

broda, nije uvijek posve pravilno shvaćena i protumačena. Nejasnoće i dvojbe zabilježene su, neočekivano, na stručnim skupovima, ali i u živoj brodograđevnoj praksi. Spomenuto pak može izazvati prijepor oko temeljne stavke ugovora, to jest nosivosti broda.

Vlastita masa broda (engl. *light ship weight in tonnes*, njem. *Eigengewicht - Gewicht des Schiffes mit allem Zubehör, aber unbeladen*). Podrazumijeva se da su, u kontekstu, imenice *weight* i *Gewicht* iz doba prije uvođenja sustava mjera SI, zato se u novijim izvorima, na engleskom, i dodaje ono: *in tonnes*. Inače česti prijevod s engleskog, *težina lakog broda*, djeluje nelogično, kao *contradictio in adjecto*. Susreću se i nazivi *težina / masa broda bez tereta*, *težina / masa praznog broda*, itd.

Od svih, zacijelo je najprikladniji termin *vlastita masa broda*. U skladu je s njemačkim terminom u kojem se kaže da je riječ o težini (masi) broda s cjelokupnom opremom, ali neopterećenom. Preferirani simbol za vlastitu masu broda jest LS, prema danas prevladavajućem engl. *LightShip*.

Vlastita masa broda LS obuhvaća trup sa stalnom opremom, strojni uređaj, vodu u kotlovima, cijevima i kondenzatoru, gorivo i mazivo u pogonskim strojevima i cijevima, te rezervne dijelove i inventar prema ugovornim propisima. U

ugovornim tehničkim opisima isključivo se navode tekućine (gorivo, mazivo, voda) u pogonskim strojevima i uređajima, do *radne razine*.

Zacijelo je najbolje zamisliti brod s potpunom vlastitom masom *LS* kao usustavljeni organizam koji, pokrenut, može trenutak raditi i odmah se zaustaviti. Da se to i ne dogodi poseže se za zalihama goriva, maziva, vode. No zalihe već ne spadaju u vlastitu masu *LS*; one su dio nosivosti *DW*!

U okviru primopredajnih ispitivanja broda određuje se i vlastita masa *LS* te izvedena veličina nosivosti *DW*. Tako dobivene brojčane vrijednosti unose se u odgovarajuće dokumente (Plan kapaciteta, Priručnik za krcanje, i dr.). Općenito se vlastita masa *LS* tretira kao veličina, stalna za cijelog života broda. Međutim, i ona je podložna promjenama. Naknadno nanosene naslage premaza i drugog povećavat će vlastitu masu broda. Eventualne rekonstrukcije, dogradnje, mogu promijeniti vlastitu masu *LS* u mjeri da se učinke na nosivost, na težište sistema i drugo, treba evaluirati.

Nosivost broda (engl. *deadweight*, njem. *Tragfähigkeit*) obuhvaća plaćeni teret (engl. *payload*), zalihe goriva, maziva, pojne, pitke i slatke vode, momčad s efektima, provijant te rezervne dijelove i inventar preko propisa. Primjerice rezervna propelerna osovina, rezervni propeler i treće (rezervno) pramčano sidro ne spadaju u vlastitu masu, nego u nosivost broda. Te tri stavke, osim svoje mjerljive mase i cijene, iziskuju ugradnju postolja i morskog veza, što također ima svoju mjerljivu masu i cijenu. To sve ne bi smjelo biti zaboravljeno pri odmjeravanju mase *LS*, *DW* i cijene broda.

Skromni primjer: oceanski trgovački brod može imati 40 članova posade, isto toliko kabina, a u svakoj od njih policu za knjige. Police spadaju u masu *LS*, a knjige u nosivost *DW*. Usputno zapažanje: racionalnije je imati zajedničku posudbenu brodsku knjižnicu, nego 40 zasebnih.

Nekoć je češće bio običaj navoditi ukupnu nosivost (*total deadweight*), kako bi se istaknulo da su, osim takozvane korisne (*payload*), uključene i preostale sastavnice, tj. gorivo, mazivo, voda, itd. Hrvatskoj nosivosti odgovara njemački *Tragfähigkeit*, pa bi se mogli upitati odakle i zašto engl. *deadweight*, tj. mrtva težina?

Vjerujem da bi se to moglo objasniti na sljedeći način. Vrsni pomorci Englezi i Škoti, koji za brod kažu veličajno *she*, lađu promatraju kao živi organizam, *fit for purpose*. Tu su vesla za poriv, potreban za svladavanje otpora; tu je snast s jedrima, za korištenje vjetrove propulzije; tu je mehanička propulzija. To je dakle živa i živahna tvorba, *systema*, organizam sposoban preploviti sva mora. Teret, gruž, breme, uteg, tovar – tek je mrtva tvar – *deadweight* – bez koje brod ploviti može, ali ne i obratno.

NEKOLIKO RAZLIČITIH PRIMJERA / *Some various examples*

Spomenuta rezervna propelerna osovina smjesti se u recesu osovinskog voda, vijak negdje na palubi, i sidro uz stijenu pramčanog kaštela. Takozvani morskog veza u *LS* ili *DW*, stvar je prethodnog dogovora. Jer kad ne bi bilo tih neobvezatnih elemenata, ne bi bilo ni njihova morskog veza. Racionalnije je tako krupne rezervne stavke držati pohranjene na kopnu, nego ih nositi na brodu gdje su smetnja kao balast koji okupira prostor, i povećava istisninu te otpor broda.

Nabrajajući što sve spada u vlastitu masu *LS* u ugovornim se tehničkim opisima navode i *all spares, inventory and tools required by the rules and regulations concerned ...* Poznato je kako tu postoji mnogo nacionalnih i internacionalnih propisa te rastuća legislativa kao problem današnjice. K tome ugovorni tehnički opis prate i rečenice koje se također odnose na stavke koje kupuje i isporučuje graditelj, i dio su mase *LS*, na primjer:

Inventory and spare parts for machinery and equipment will be supplied in quantity and assortment as required by the Maker's standard. All spares will be properly protected against the corrosion and mechanical damage, properly numbered, tabled and stowed in the boxes, shelves and racks in designated places aboard and partly fixed aboard (big ones).

To dvojako pogađa graditelja. Naime kupac broda, koji je i izabrao proizvođača, utjecat će na opseg inventara i rezervnih dijelova, a i samom je proizvođaču u interesu da ta količina bude što veća.

Ima i primjera kad kupac (brodovlasnik) angažira odgovarajuću službu klasifikacionog zavoda, kao

konzultanta. Tada se događa da isti zavod arbitrira na štetu graditelja, tako što extra pojačanje strukture ili element opreme tretira kao propisano klasom broda. To će se odraziti na cijenu i vlastitu masu broda.

Spomenut ću i samo dva davna, posve drukčija primjera.

Bulk carriers za američkog vlasnika. Brodogradilišni se arhitekt za interijere tužio na nedostatan prostor kojeg je u fazi osnivanja dodijelio glavni projektant. Želio je što prostranije kabine, blagovaone, salone, itd., premda sve to uzrokuje povećavanje nadgrađa, pogađajući graditelja, višestruko. Kada je sve bilo gotovo, uoči isporuke broda, došao je tehnički direktor kompanije. Zalazeći u kabine i druge prostorije unutar nadgrađa upirao je prstom u pojedine elemente namještaja i druge opreme koje je ocijenio suvišnim, time i štetnim na više načina. Zatim su svi ti elementi odstranjeni. Odjednom je sve postalo prostrano, pregledno, lako za održavanje. K tome, odgovarajuće je smanjena vlastita masa, a povećana nosivost broda.

Dva linijska teretna broda. Nadzornik vlasnika koji je pratio gradnju nastojao je na mnoge načine ugraditi različite elemente, pored tehničkog opisa i svih nacrti, osobito na palubi. Tako su nicala dodatne bitve, uške, oka, rukohvati, nogostupi. Uoči primopredajnih ispitivanja na brod je došao glavni inspektor kompanije i počeo pomni obilazak. S palube su tada odstranjivana navedena 'obogaćenja', usput i štošta nepotrebnog, što je instalirao i sam graditelj. Paluba je postala pregledna i prohodna (i ne samo paluba).

ZAKLJUČAK / *Conclusion*

Brod dakle, kao fizičku tvorbu mase *LS*, gradimo da bi od polazišta *A* do odredišta *B* djelotvorno prevezio teret *C* mase *DW*. Vlastita masa *LS* i nosivost *DW*, zbrojene, tvore istisninu broda do ljetne teretne vodne linije (gornji rub središnje crte marke nadvođa), prema jednadžbi:

$$\Delta = LS + DW, (t)$$

Došli smo do same biti zadatka. Izgraditi svrsishodni brod uz što manji otisak, odnosno prirast entropije u svim odsjecima, tj. u izgradnji, u službi, za života na moru i nakon prestanka službe. Iz iskustva znamo: što god je veća masa *LS* više smo gradiva, opreme i energije potrošili, brod je teži i skuplji. I istisnina

Δ će biti veća, time i otpor R , snaga P , potrošak goriva FC , održavanje, pristojbe, lukarine i sve drugo što proizlazi iz fizičke veličine broda.

Slijedi da prvi član jednadžbe LS treba biti što manji, iz čega proizlazi veći omjer nosivosti prema istisnini DW/Δ . Trajni

zadatak projektanta je: postići što veći omjer DW/Δ , težiti da se taj omjer što više približi jedinici. Projektant će tako uvijek nastojati izgraditi brod dane nosivosti DW , sa što manjom vlastitom masom LS , ali nikad ne na račun sigurnosti broda i dobra u njemu. To jest aksiom.

