

## Proračun srednje točke brzine broda u službi

UDK 629.12+656.222.1

Proračun srednje točke službe broda uobičajeno je da se temelji na teoretskom proračunu otpora i propulzije projekta broda kao i na rezultatima ispitivanja modela. Konvencionalni postupak procjene dodatne snage za uvjete službe broda obuhvaćao je korištenje iskustvenih podataka prvenstveno od strane broдача, kao i preporuke proizvođača glavnih porivnih strojeva, koje su se također temeljile na vlastitim iskustvenim podacima.

U uredu broдача uobičajeno je dobivati izvještaje s broda, koji obuhvaćaju stanje krcanja, prugu plovidbe, vremenske uvjete u plovidbi, vrijeme izvan doka, stanje stroja te snagu, brzinu i broj okretaja kao i potrošak goriva. Ovi podaci se koriste za ocjenjivanje rada cjelokupnog broda. Pri ovom ocjenjivanju najveći je problem da se podacima s pokusne plovidbe dodaju odgovarajuća povećanja snage podijeljena po elementima odnosnih utjecaja, tj. dio koji otpada na obraštanje trupa broda, na vremenske uvjete, te utjecaj starenja trupa i stroja. Praćenjem većeg broja izvještaja s broda, posebno kad postoji više brodova u seriji, omogućava se stvaranje podataka iz kojih se može odgovarajućim sistemom preračunavanja svoditi i kontrolirati pojedinačne utjecaje, lit. (1).

Dosadašnja konvencionalna metoda određivanja točke brzine u službi broda nije upotrebljavala proračune pada brzine zbog starenja trupa broda, vijka i stroja, te obraštanja, kao i proračuna pada brzine zbog vremenskih uvjeta, te dobrovoljnog smanjenja brzine uslijed gibanja broda na valovima. Postupak proračuna pada brzine nije bio razrađen zbog toga što teoretska podloga tog proračuna kao i odgovarajuća modelska ispitivanja na valovima nisu bila usavršena. Za proračun srednje točke službe broda odlučili smo predložiti postupak izrade proračuna prema dijagramu toka na slici br. 1.

Tumačenje pojedinih dijelova dijagrama toka je kako slijedi:

— prognozni dijagram snage-brzine-broja okretaja, postoji za svaki projekt, bilo kao rezultat proračuna bilo kao rezultat modelskih ispitivanja i to za razna stanja krcanja broda, a za uvjete pokusne plovidbe. Uobičajeno je uvjete pokusne plovidbe definirati ugovorom odnosno tehničkim opisom, ograničavajući stanje vjetera i mora, morske struje, te dubine mora do vrijednosti koje ne utječu na izmjerene rezultate s pokusne plovidbe ili pak, ukoliko su stanja iznad ograničenih vri-

jednosti, onda se propisuje metoda proračuna na kojoj će se rezultati preračunati na uvjete iz ugovora.

Za slučaj da se proračun nastavlja bez mogućnosti provjere prognoznog dijagrama na pokusnoj plovidbi, onda vrijednosti prognoznog dijagrama upotrebljavamo za nastavak proračuna izradom novih krivulja snage-brzine-broja okretaja s obzirom na stanje trupa broda i broskog vijka.

Za slučaj da je izvršena pokusna plovidba onda je neophodno na ovom mjestu postupka proračuna unijeti eventualne ispravljene krivulje snage-brzine-broja okretaja i potroška goriva, kako bi se nastavak proračuna mogao vršiti sa stvarnim izmjerenim vrijednostima s pokusne plovidbe.

Za slučaj da se proračun nastavlja u fazi pretprojekta vršimo određivanje načina bojenja, razdoblja dokovanja i čišćenja vijka, te održavanja glavnih i pomoćnih strojeva.

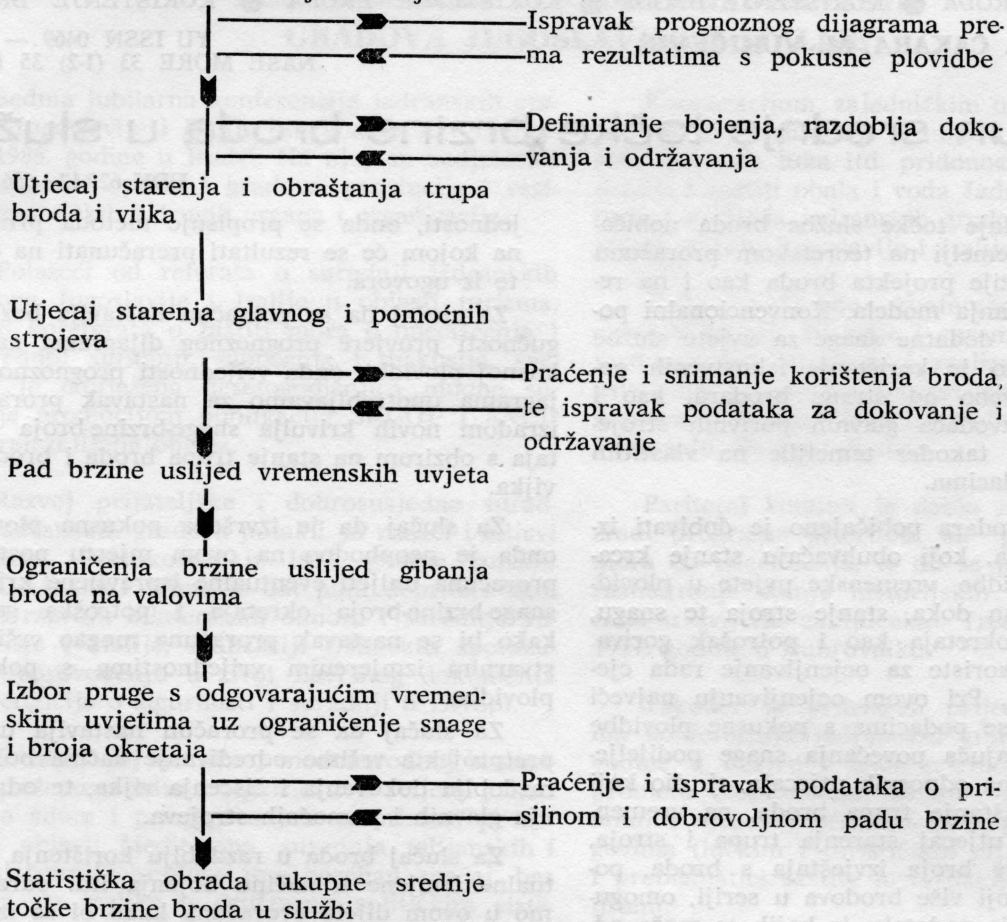
Za slučaj broda u razdoblju korištenja eventualne izmjene u načinu bojenja itd. određujemo u ovom dijelu proračuna kako bi se izmijenjene krivulje snage-brzine-broja okretaja i potroška goriva mogle u daljnjem proračunu koristiti.

— utjecaj starenja trupa broda i broskog vijka proračunava se prema podacima iz literature odvojeno za broski trup i vijak u funkciji vremena. Rezultat utjecaja starenja prikazuje se u postotku pada brzine i promjene broja okretaja za cjelokupno razmatrano područje brzina i za odgovarajuće vremensko razdoblje (život broda). Obraštanje trupa broda i vijka izračunava se kao utjecaj na povećanje otpora broda odnosno na pad brzine i promjenu broja okretaja, odvojeno za trup i za vijak, a prema izabranom tipu boje za podvodni dio trupa broda. Rezultat proračuna prikazuje se u postocima pada brzine, promjene broja okretaja i promjeni potroška goriva za razmatrano područje snaga stroja.

— utjecaj starenja glavnog (ili) i pomoćnih strojeva proračunava se iz dostupnih podataka, a prema predviđenom razdoblju održavanja strojeva (planirano održavanje brodskih sustava). Rezultat ovog starenja daje se također u postocima kao pad brzine i promjene broja okretaja za odgovarajuću snagu stroja.

— pad brzine uslijed vremenskih uvjeta tj. zbog vjetera i valova proračunava se na način da se za odgovarajući brod i stanje krcanja broda izračunava pad brzine, promjena broja

Prognozni dijagram za uvjete plovidbe za razna stanja krcanja



Sl. 1.: Dijagram toka za proračun srednje točke brzine broda u službi

okretaja i promjena potroška goriva i to za sva realna stanja mora i vjetra, kao i za sve smjerove plovidbe s obzirom na smjer susretanja valova i vjetra. Pad brzine zbog vjetra i valova neophodno je izračunati osim za smjer susretanja u pramac i za smjerove u pramčani kvadrant i bok, dok se za smjerove u krmeni kvadrant i krmu neće računati promjena brzine.

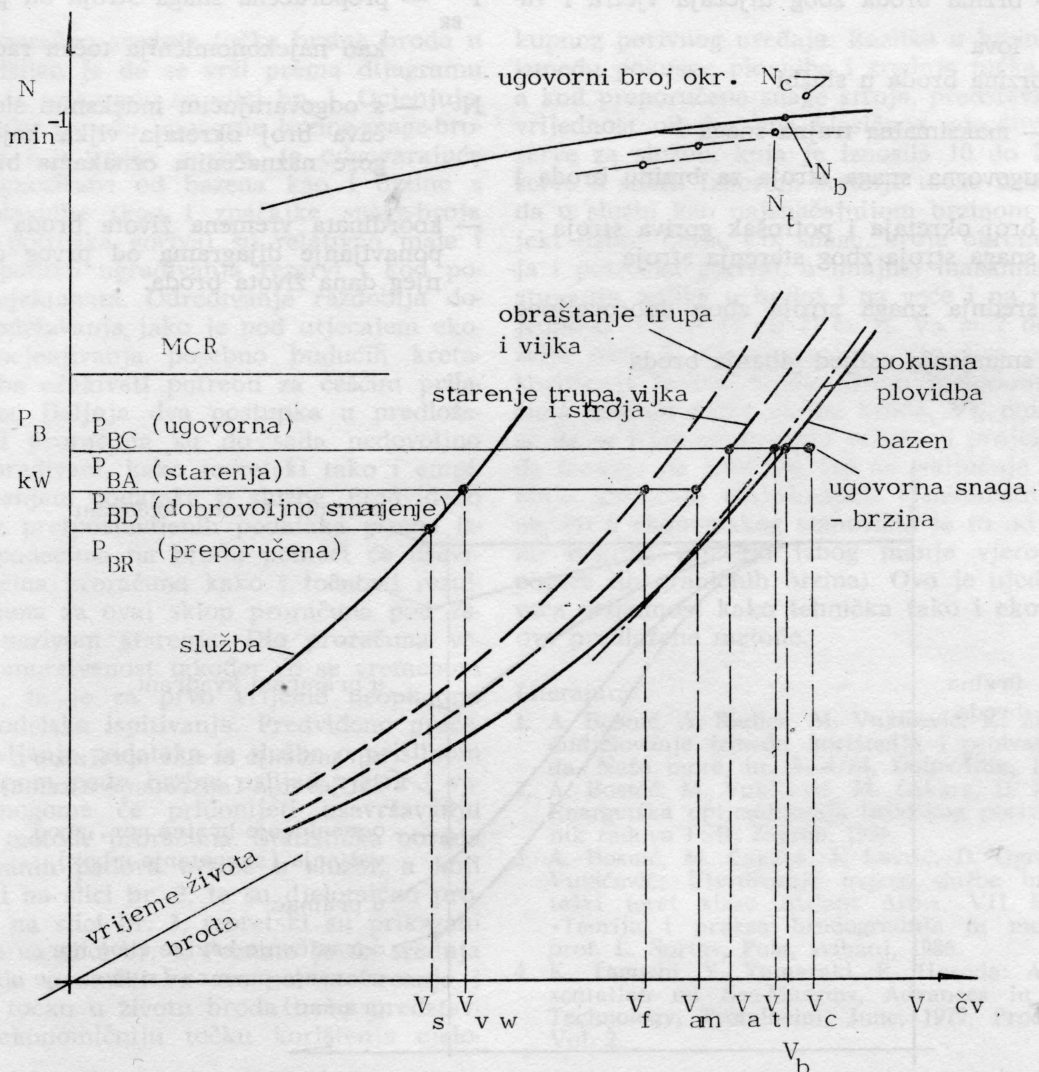
Ovaj dio proračuna pada brzine nazivamo prisilnim padom, za razliku od slijedećeg dijela proračuna pada brzine uslijed svih gibanja broda na valovima, kojeg nazivamo dobrovoljnim padom brzine. Za odgovarajući smjer susretanja valova neophodno je odrediti granično dozvoljeno gibanje broda po kojemu će se odrediti stanje mora i brzina broda za pojavu dotičnog gibanja. Vrlo je vjerojatno da će susretanje valova u pramac imati granično dozvoljeno gibanje »udaranje pramcem« kao kritičnu vrijednost, tj. najveće ograničenje brzine za jedno stanje mora dok će sva druga granična dozvoljena gibanja biti s manjim ili uopće bez ograničenja brzina za isto stanje mora. Slično razmatranje vrijedi i za susretanje valova u pram-

čani kvadrant odnosno bok broda, gdje je za očekivati kao granično dozvoljeno gibanje da bude valjanje odnosno zalijevanje, za najveće ograničenje brzine dok će ostala gibanja biti izvan ograničenja ili s manjim ograničenjem. Za smjerove susretanja valova u krmu i krmeni kvadrant tj. za one smjerove u kojima nije računata promjena brzine broda, također postoje granična dozvoljena gibanja i to vjerojatno zalijevanje i izranjanje vijka, te razna ubrzanja s obzirom na vez tereta. Ova metoda proračuna krivulje dozvoljenih graničnih brzina broda za sve smjerove susretanja valova i za sva realna stanja mora predstavlja opsežni proračun s većim brojem pretpostavki, te se preporuča da se u današnje vrijeme glavne točke ovog proračuna provjere modelskim ispitivanjima.

— izbor pruge s odgovarajućim vremenskim uvjetima vrši se prema projektnom zahtjevu i prema statističkim podacima o valovima podijeljenim u zone oceana.

Statistički podaci o valovima za odgovarajuće zone oceana navedeni su kao vjerojatnosti pojave specifikiranog stanja mora za odgovaraju-





Sl. br. 2.: Prognozni dijagram s ispravicima rezultata mjerenja s pokusne plovidbe te rezultati proračuna obraštanja trupa i vijka kao i starenja trupa, vijka i stroja za cjelokupno razdoblje života broda

će smjerove. Vjerojatnost pojave valova određenog stanja mora za sve smjerove susretanja proračunavaju se za odgovarajuće zone. Izborom pruge sumiraju se podaci zona kroz koje pruga prolazi.

Za slučaj da se proračun srednje točke službe broda vrši u razdoblju pretprojekta, tj. kada nema podataka iz korištenja broda, onda je nastavak proračuna neposredna statistička obrada ukupne srednje točke brzine broda na temelju gore opisanih rezultata proračuna.

— rezultat proračuna izražen u padu brzine dobiva se za odgovarajuće stanje krcanja broda i prugu, statističkom obradom vjerojatnosti pojave stanja mora na odgovarajućoj pruzi. Upotrijebivši istu metodu proračuna za sva stanja krcanja broda, te statističkom obradom svih stanja krcanja dobiva se konačna srednja točka službe broda odnosno proračunati iznos rezerve za službu.

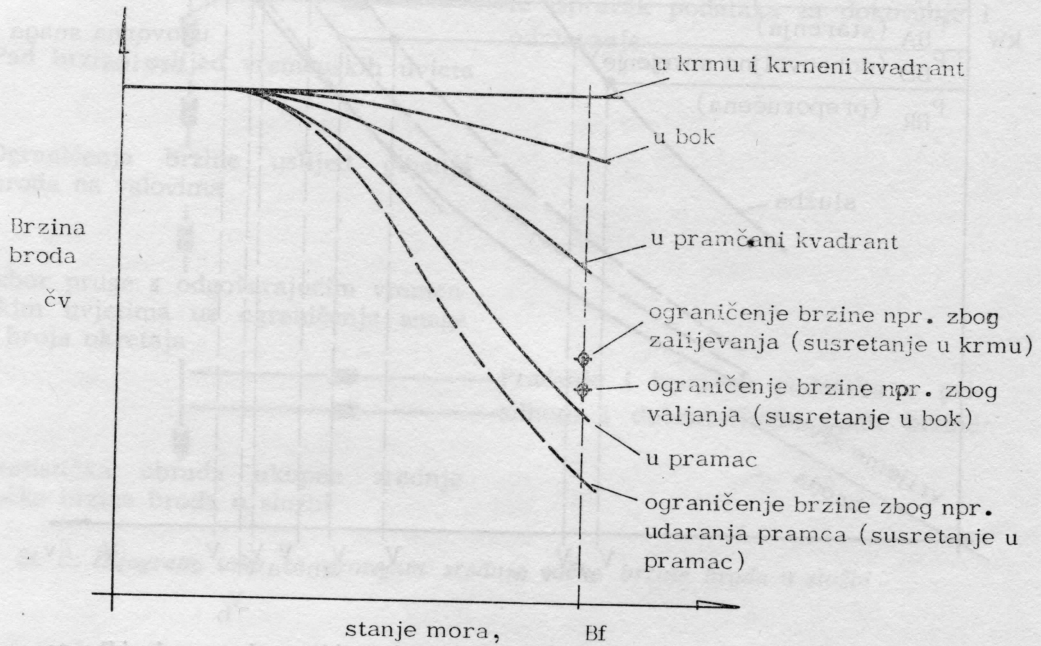
Za slučaj da se proračun srednje točke broda vrši i u razdoblju korištenja broda neophodno je praćenjem razlika između proračunatih i izmjerenih podataka o prisilnom i dobrovoljnom padu brzine uključiti u ispravak proračunatih vrijednosti iz pretprojekta.

Kvalitativni rezultati proračuna prikazani su na slikama br. 2, 3. i 4.

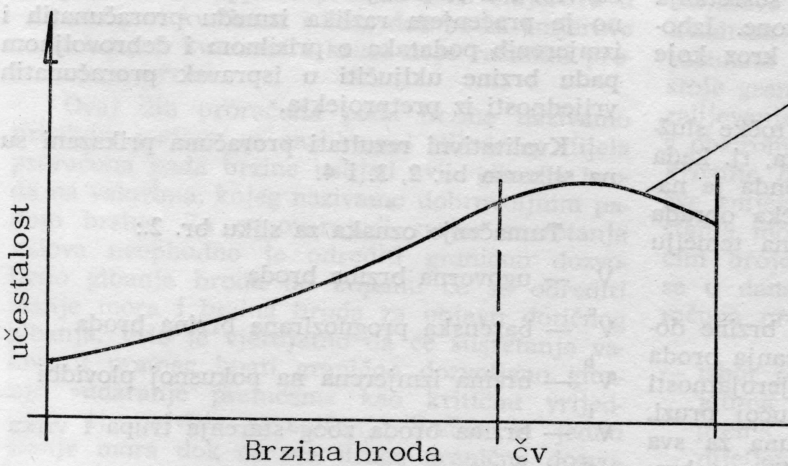
Tumačenje oznaka za sliku br. 2.:

- $V$  — ugovorna brzina broda
- $V^c$  — bazenska prognozirana brzina broda
- $V_b$  — brzina izmjerena na pokusnoj plovidbi
- $V^t$  — brzina broda zbog starenja trupa i vijka
- $V^a$  — brzina broda zbog starenja stroja
- $V^{am}$  — brzina broda zbog obraštanja trupa i vijka
- $V_f$

- $V_{vw}$  — brzina broda zbog utjecaja vjetera i valova  
 $V_s$  — brzina broda u službi  
 $P_{BMCR}$  — maksimalna trajna snaga  
 $P_{BC}$  — ugovorna snaga stroja za brzinu broda i broj okretaja i potrošak goriva stroja  
 $P_{BA}$  — snaga stroja zbog starenja stroja  
 $P_{BD}$  — srednja snaga stroja zbog dobrovoljnog smanjenja uslijed gibanja broda  
 $P_{BR}$  — preporučena snaga stroja od proizvođača kao najekonomičnija točka rada  
 $N$  — s odgovarajućim indeksnim slovom označava broj okretaja vijka koji odgovara gore naznačenim oznakama brzina.  
 — koordinata vremena života broda omogućuje ponavljanje dijagrama od prvog do posljednjeg dana života broda.



Sl. 3.: Dijagram graničnih dozvoljenih brzina za maksimalna dozvoljena gibanja broda ili ubrzanja



Ukupna krivulja sastavljena od krivulje stanja krcanja broda, dobrovoljnog smanjenja, prisilnog smanjenja brzine i krivulje pojedinog smjera susretanja a za određenu prugu

Sl. 4.: Dijagram razdiobe ostvarive brzine s vrijednošću srednje brzine u službi



Ovaj proračun srednje točke brzine broda u službi zamišljen je da se vrši prema dijagramu toka kako je prikazano na slici br. 1. Ocjenjujemo da razlika između ugovorne brzine-snage-broja okretaja i potroška goriva, te odgovarajuće brzine prognozirane od bazena kao i brzine s pokusne plovidbe (kao i značajke snage-broja okretaja i potroška goriva) su relativno male i zavisne o politici ugrađivanja rezervi i kod pojedinih projekatana. Određivanje razdoblja dokovanja i održavanja jako je pod utjecajem ekonomskog ocjenjivanja posebno budućih kretanja, te treba očekivati potrebu za češćim prilagođavanjima. Daljnja dva postupka u predloženoj metodi proračuna su do sada nedovoljno tehnički obrađivani, kako teoretski tako i empirijski, praćenjem podataka iz službe. Predviđeno ispravljanje pretpostavljenih podataka prema izmjerenim podacima na brodu pomoći će usavršavanju načina proračuna kako i točnosti rezultata proračuna za ovaj sklop proračuna pod zajedničkim nazivom starenja. Dio proračuna vezanih za pomorstvenost također će se vremenom usavršavati, te je za prvo vrijeme neophodno koristiti modelska ispitivanja. Predviđeno praćenje i ispravljanje podataka iz službe o prisilnom i dobrovoljnom padu brzine uslijed vjetera i valova u mnogome će pridonijeti usavršavanju predložene metode proračuna. Statistička obrada svih očekivanih padova brzine u službi, a koji su navedeni na slici br. 2, te su djelomično protumačeni i na slici br. 3, teoretski su prikazani kvalitativno na slici br. 4. Poznato je da srednja brzina broda u službi za sva stanja krcanja i za srednju točku u životu broda treba predstavljati i najekonomičniju točku korištenja cjelo-

kupnog porivnog uređaja. Razlika u brzini broda između pokusne plovidbe i srednje točke službe, a kod preporučene snage stroja, predstavlja veću vrijednost od do sada klasičnog određivanja rezerve za službu, koja je iznosila 10 do 20% rezerve u snazi. Izborom srednje točke brzine broda u službi kao najznačajnijom brzinom za projekt (izbor linija, Cb, snage, broja okretaja stroja i potroška goriva), a imajući maksimalna odstupanja, velika u brzini i na veće i na niže vrijednosti ( $V_s + (1 \text{ do } 2) \text{ čv tj. } V_s = 2 \text{ do } 4 \text{ čv}$ ), želja nam je da omogućimo što šire područje korištenja brzina broda. Ovom metodom proračuna srednje točke službe broda,  $V_s$ , omogućuje se da se i sve ekonomske odluke u projektu broda temelje na istoj  $V_s$ , što ne isključuje i korištenje graničnih maksimalnih i minimalnih brzina, no s ekonomskog stanovišta je to od relativno manjeg utjecaja (zbog manje vjerojatnosti pojave tih graničnih brzina). Ovo je ujedno najveća vrijednost kako tehnička tako i ekonomska ove predložene metode.

#### Literatura:

1. A. Bosnić, A. Radica, M. Vukičević, K. Žiha: Međudjelovanje između korištenja i osnivanja broda, Naše more, br. 3—4/84, Dubrovnik, 1984.
2. A. Bosnić, M. Vukičević, M. Čakara, D. Deželjin: Energetska optimalizacija brodskog poriva, Zbornik radova FSB, Zagreb, 1986.
3. A. Bosnić, M. Čakara, J. Lovrić, D. Ogresta, M. Vukičević: Utvrđivanje uvjeta službe broda za teški teret klase »Atlant Arm«, VII Simpozij »Teorija i praksa brodogradnje in memoriam prof. L. Sorta«, Pula, svibanj, 1986.
4. K. Taguchi, Y. Yamazaki, R. Hosoda: A Representation on Sea-Margin«, Advances in Marine Technology, Trondheim, June, 1979, Proceedings. Vol. 2.

