

SUSTAV ZA OPTIMALIZACIJU PLOVIDBE BRODA

UDK 656.61:681.3.06

Prethodno priopćenje

Sažetak

Važnost poboljšanja upravljanja plovidbom broda može se izraziti sumom novca koja bi se pritom uštedjela. Izbor sustava za optimalizaciju plovidbe valja temeljiti na proračunu ekonomskih veličina postizivih s određenom konfiguracijom sustava za upravljanje.

Opseg automatizacije sustava za upravljanje uvjetovan je mogućnostima brodovlasnika (posada, održavanje).

Upravljanje plovidbom broda kao teorijsko i praktično područje treba podijeliti na postojeće brodove i novogradnje.

Na postojećim brodovima bitno će se poboljšati upravljanje plovidbom ostvarujući adekvatni odabir opsega sustava za prijelaz s individualnoga na djelomično integrirano upravljanje plovidbom.

Za novogradnje izbor opsega integriranog sustava za upravljanje plovidbom ovisi o ocjeni broдача u predviđanju budućnosti, koja teži za potpuno automatiziranim upravljanjem plovidbom.

Ključne riječi:

Upravljanje plovidbom; individualno upravljanje plovidbom; integrirano upravljanje plovidbom; optimalizacija plovidbe broda;

1. INDIVIDUALNO UPRAVLJANJE PLOVIDBOM

Danas na većini brodova trgovačke flote plovidbom individualno upravlja časnik palube.

Starost današnje trgovačke flote u prosjeku je 12-15 godina. Za svaku plovidbu zapovjednik određuje i ucrtava rutu, određuje vrijeme odlaska i proračunava očekivano vrijeme dolaska, iz čega proizlazi režim plovidbe (brzina, snaga i broj okretaja vijka). Po tako preračunatom režimu plovidbe časnik na straži upravlja smjerom plovidbe (autopilot), te brzinom broda (telegraf stroja).

U proračunima režima plovidbe iskustveno se ocjenjuje:

- stanje trupa i vijka (dani izvan doka);
- stanje natovarenosti (gazovi i trim);
- stanje porivnog stroja (održavanje, zamjena rezervnih dijelova);
- stanje vjetra i valova (očekivano i stvarno).

Na osnovi toga, proračunata točka režima plovidbe izražena je dijagramom 1. (Dodatak)

Za vrijeme plovidbe ocjenjuje se stvarno stanje mora, vjetra i struje, te se ispravlja režim plovidbe (autopilot i telegraf stroja) prema onom prije dobivenom režimu plovidbe.

Točka plovidbe korigira se u dijagramu 1. prema stvarnom stanju mora, vjetra i struje (točke Vww, PBV, Nww).

Stvarni podaci snage porivnog stroja, brzine broda, broja okretaja vijka, dani izvan doka, stanje održavanja porivnog stroja, gazovi broda, vremenski uvjeti i potrošak goriva rijetko se registriraju i unose u odgovarajuće dijagrame na brodu, a jednako i u uredu broдача.

Stvarni registrirani pobrojani podaci još se rjeđe upotrebljavaju za proračun utjecaja na pad brzine broda, iz kojeg se proračuna jedino mogu izvoditi zaključci i odluke o potrebnim zahvatima na brodu (lit.8).

Individualno upravljanje plovidbom zastarjela je metoda, pa će se u skoroj budućnosti uvoditi upravljanje brodom integriranim postupkom

2. INTEGRIRANO UPRAVLJANJE PLOVIDBOM

Za razliku od individualnog upravljanja plovidbom broda izvodi se automatizacija upravljanja integriranim postupkom.

Integrirani se sustav pritom temelji na izmjerenim veličinama relevantnima za propulziju pa se proračunom određuje optimalni režim plovidbe.

Integrirani sustav upravljanja plovidbom može se sastojati od najjednostavnijega do vrlo složenih sustava, tj. u vrijednosti oko 30 000 US \$ do više od 1 milj. US \$ po brodu. Iz razlika u cijeni uređaja za integrirani sustav zaključuje se i o eventualnim koristima, tj. uštedama koje se uređajem za 1 do 2 godine upotrebe mogu ostvariti.

Sustav za integrirano upravljanje brodom može se podijeliti u dva podsustava: navigacijski i strojarski, uz uvjet da su oba u stalnoj vezi i da promjene režima iz jednog utječu na promjene režima drugog podsustava.

* prof. dr. Ante Bosnić
Fakultet strojarstva i brodogradnje,
Sveučilišta u Zagrebu

Opis najjednostavnijeg sustava za integrirano upravljanje brodom:

a) **Pouzdana tehnička dokumentacija** brzine, snage, broj okretaja vijka i potrošak goriva, za sva realna stanja plovidbe broda. Pouzdana dokumentacije o propulzijskom kompleksu također za spomenuta stanja plovidbe.

b) Mjerni uređaji:

- uobičajeni navigacijski uređaji uz što pouzdanije snimanje broda, te položaja (geografske širine i duljine);
- osovinski torziometar za mjerenje snage i broja okretaja;
- pouzdan mjerac potroška goriva i poznavanje tehničkih karakteristika goriva;
- uobičajeni mjerni uređaji na glavnom porivnom stroju, tlakovi i temperature, oznake na pumpi goriva te značajke turbopuhala;
- snimanje i mjerenje stanja vjetra i mora (visina, duljina i smjer vala te brzina i smjer vjetra) s odzivom ubrzanja broda (vertikalna, uzdužna i poprečna) i naprezanje palube.

c) **Tehnički proračun** za određivanje očekivanih parametara plovidbe, navigacijskih i strojarskih, postupak za usporedbu očekivanih i izmjerenih parametara te postupak za tehničko dijagnosticiranje mogućih uzroka za odstupanja izmjerenih i izračunanih parametara, te potvrda ispravnosti izmjerenih veličina.

3. PRIJEDLOG ZA MODERNI SUSTAV UPRAVLJANJA PLOVIDBOM BRODA, TJ. ZA DJELOMIČNO INTEGRIRANO UPRAVLJANJE

Ovaj se prijedlog temelji na postojećim mjernim uređajima u svijetu i u zemlji te na programima i proračunima koji mogu poslužiti za djelomično integrirano upravljanje brodom.

a) Ovaj prijedlog također se temelji na činjenicama:

- Brodska je posada podijeljena na onu upravljanje navigacijom i onu u strojarnici.
- Potpuno integrirani sustav upravljanja plovidbom (jedan čovjek u službi 24 sata) jest novost, još nedovoljno neprovrjena tehnički i ekonomski.
- Tehničko-ekonomske razlike između individualnoga i potpuno integriranog upravljanja plovidbom su prevelike pa ih treba postupno prebroditi.
- Za brodovlasnike je prihvatljivija ugradnja djelomično integriranog upravljanja plovidbom na postojećim brodovima nego potpuno integriranog upravljanja na jednoj ili dvije novogradnje.
- O prioritetu i opsegu uređaja i programa koji će se ugraditi na djelomično integrirano pa sve do potpuno integriranog upravljanja, odlučivat će se na osnovi analize mogućnosti iskorišćivanja i održavanja te analize troškova i mogućih ušteda.

- Valja očekivati da će cijena djelomično integriranog upravljanja biti svega oko 20% potpuno integriranog upravljanja, a uštede su nam oko 60% onih koje se postižu potpuno integriranim sustavom.

b) Prijedlog mjernih uređaja za djelomično integrirano upravljanje plovidbom broda, naveden po prioritetima iz rocjene tehničko-ekonomske analize, jest ovaj:

- torziometar na propulzijskom osovinskom vod, s očitanjem osovinske snage u (kW) i broju okretaja broskog vijka u (o/min);
- protočno mjerilo goriva u (l/min);
- položaj broda na moru (stupnjevi, minute, sekunde);
- brzinometar za apsolutnu brzinu kroz more (čvor);
- automatsko očitavanje temperatura i tlakova na glavnom propulzijskom stroju (stupnjevi C, paskal);
- anemometar (m/s);
- akcelerometri (m/s²);
- očitavanje deformacija (mikron/mm) (straingauge).

c) Prijedlog programa za obradu izmjerenih podataka je ovaj:

- PC sa slijedećim programima:
- krivulje snage - broja okretaja- brzine, za sve realne plovidbene uvjete, s programom za proračun točke plovidbe;
- krivulje snage - broja okretaja potroška goriva - temperatura - tlakova, za sve realne uvjete rada glavnoga stroja, s programom za proračun točke korišćenja stroja;
- program za proračun trima, stabilete i čvrstoće za sva realna stanja krcanja, s ograničenjima koja proizlaze iokolišnih uvjeta i stanja konstrukcije;
- krivulje pada brzine za određena stanja mora i vjetra te smjera plovidbe, s programom za proračun snage - brzine - broja okretaja s obzirom na okolišne uvjete;
- upute i/ili programi za otkrivanje uzroka razlikama između izmjerenih veličina na mjerenim uređajima i proračunatih veličina iz navedenih programa, čine srž djelomično integriranog upravljanja plovidbom;
- program za optimalizaciju plovidbe prema kriterijima koje su opisali Nowacki i Standerski, prema lit (7).

U prilogu ovog referata je prijedlog za djelomično integrirano upravljanje plovidbom broda, s dijagramom, tumačenjem i proračunima za iskorišćivanje.

ZAKLJUČAK

Vrlo brzo će se upravljanje plovidbom broda individualno zamijeniti integriranim upravljanjem.

Potpuno integrirano upravljanje će se od "crne kutije" razvijati u postupak s potpunim razumijevanjem cilja i upotrebe pod kontrolom.

Djelomično integrirano upravljanje plovidbom razvijat će se od najjednostavnijega prema složenijemu.

Izobrazba časnika na straži osim znanja iz navigacije dopunit će se znanjem iz djelovanja i iskorišćivanja glavnogapropulzijskog postrojenja te ostalih vitalnih brodskih službi, osobnog kompjutora s četiri-pet jednostavnih programa, te poznavanjem rada mjernih uređaja prijeko potrebnih za unošenje ulaznih podataka za spomenute programe.

Teorijski dio znanja iz iskorišćivanja broda i pomorstvenosti dalje će se dopunjavati mjerenjem veličina na sve većem broju postojećih brodova.

Na taj će se način ostvariti želja da se pokusna plovidba stalno izvodi za vrijeme vijeka iskorišćivanja broda.

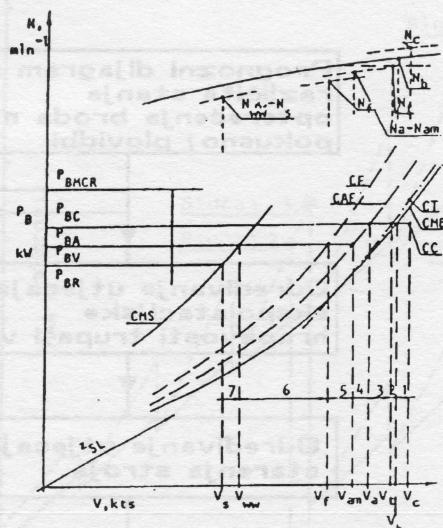
LITERATURA

1. Fukada, M., & others, "Cansy, a computer system for safe economical sailing and management", CAASD, JFIP, 1985.
2. Clark, D., "Vision of a super-automated future", RINA, Apr. 1990.
3. Maconachie, B., "The navigation union: some integrated bridge systems reviewed", RINA, Apr. 1990.
4. Editorial Comment, "What future for integrated ship control?" RINA, Jan. 1991.
5. Hansen, H.J., "Load and motion indicator, vessel voyage recorder, electronic ship's log: devices for assistance and facilitation of nautical ship operation", IMAEM, ATHENS 1990.
6. Melistas, E., "Improving operational economy", IMAEM, ATHENS 1990.
7. Grabellus, W.P., "Measurements of propulsion power on board a container ship and voyage optimization", Schiffstechnik, Bd. 37, 1990.
8. Bosnić, A., Vukičević, M., "Ship design on the basis of calculated service speed", V IMAEM, ATHENS 1990.
9. Everitt, G., "Integration-blind alley or way ahead?", RINA, May 1991.
10. Malone, J.A., Little, D.E., Allman, M., "Efefect of Hull Foulants and Cleaning/Coating Practics on Ship Perfomance and Economics", Trans. SNAME, Vol. 88.
11. Prochaska, F., "Timing of Dry-Docking intervals to Most Economical Effect" SNAME, 1981.
12. Krešić, M., Haskell, B., "Efefcts of Propeller Design-Point Definition on the Performance of a Propeller/Diesel Engine System with Regard to In - Service Roughness and Weather Condinations", Trans. SNAME, Vol. 91, 1983.
13. Čuvalo, M., "Izbor optimalne forme u predprojektu broda" Sveučilište u Zagrebu, 1990., Doctor thesis, in croatian language.
14. Olavsens, Y.S., "The principale concept of reactivatable and selfpolishing antifoulings", Schiff und Hafen, Kommandobrücke Skandinavien-Ausgabe, September, 1981.
15. "General Tehnical Data for RTA marine diesel engines", SULZER reprinted, October, 1984.

PRIOLOG

Na slici 1. prikazan je dijagram toka kompjutorskog programa u kojem je predložen proračun srednje točke plovidbe u službi za cjelokupni život broda. Obrazloženje koraka proračuna u dijagramu toka je kako slijeđi.

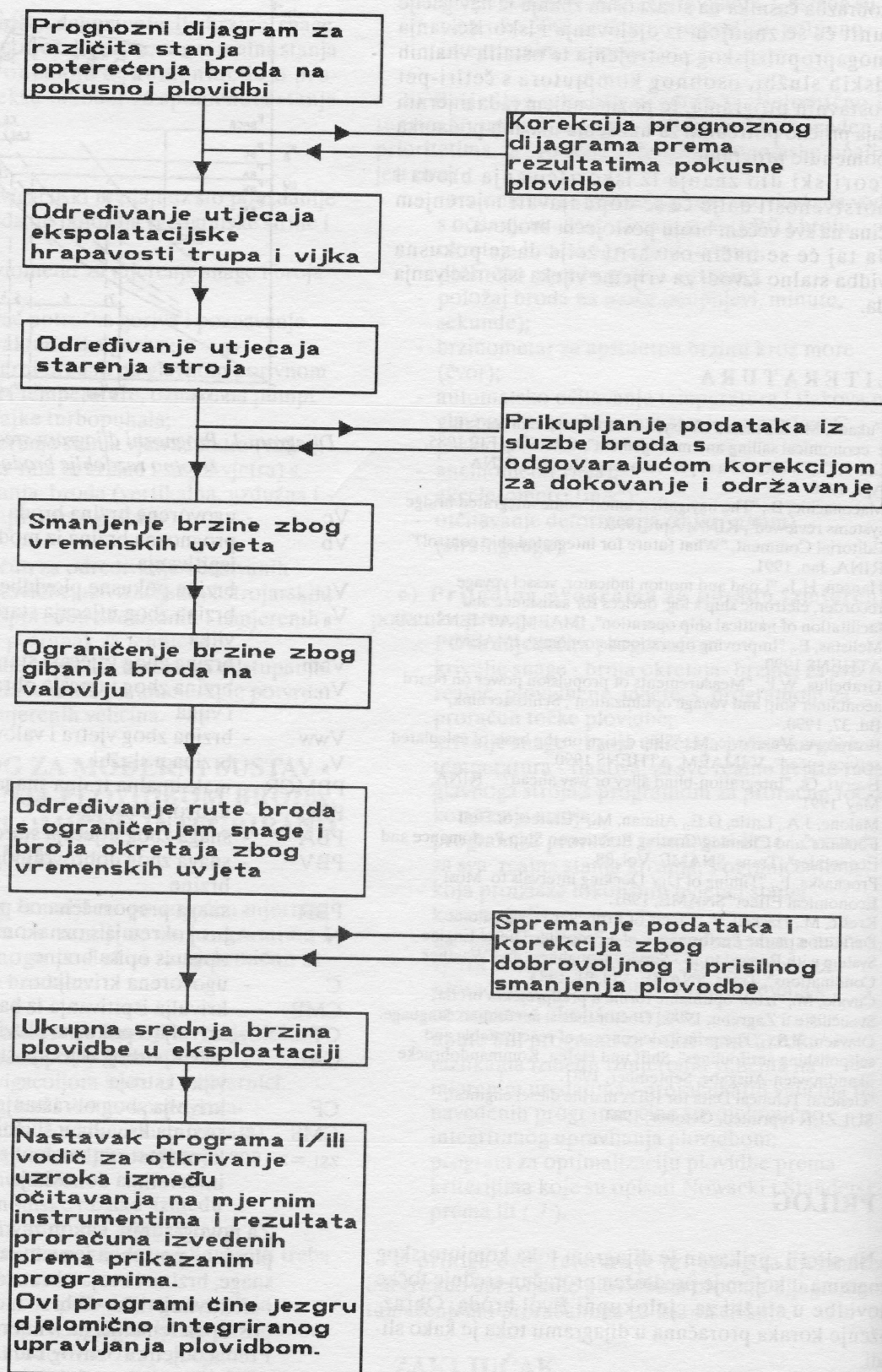
- Prognozni dijagram snaga - brzina - broj okretaja postoji za svaki projekt broda ili kao rezultati proračuna ili, vrlo često, kao rezultati modelskog ispitivanja za različita opterećenja i za uobičajene uvjete pokusne plovidbe



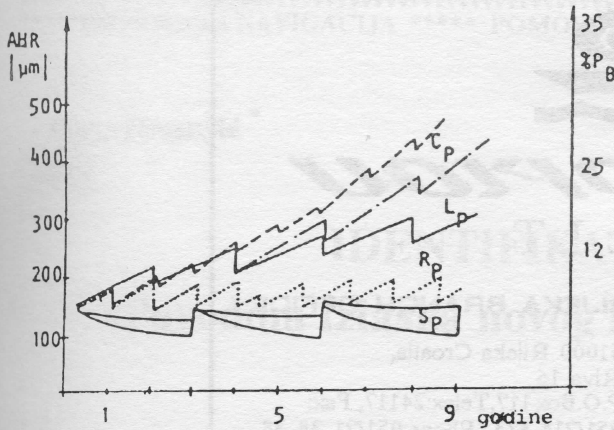
Dijagram 1: Prognozni dijagram srednje krivulje za životno razdoblje broda

- Vc - ugovorena brzina broda
- Vb - prognozna brzina iz modelskih ispitivanja
- Vt - brzina pokusne plovidbe broda
- Va - brzina zbog utjecaja starenja trupa i vijka
- Vam - brzina zbog utjecaja starenja stroja
- Vf - brzina zbog utjecaja obraštanja trupa i vijka
- Vww - brzina zbog vjetra i valova
- Vs - brzina u službi
- PBMCR - maksimalna trajna snaga
- PBC - ugovorena snaga
- PBA - snaga zbog utjecaja starenja stroja
- PBV - snaga zbog dobrovoljnog smanjenja brzine
- PBR - snaga preporučena od proizvođača
- N - broj okretaja s oznakom koja odgovara opisu is opisa brzine
- C - ugovorena krivulja
- CMB - krivulja ispitivanja iz bazena
- CT - krivulja s pokusne plovidbe
- CAE - krivulja zbog utjecaja starenja trupa vijka i stroja
- CF - krivulja zbog obraštanja trupa i vijka
- CMS - srednja krivulja u službi
- ZSL=Z - koordinata za razdoblje života s intervalima dokovanja

- Za novogradnju, nakon završetka pokusne plovidbe potrebna je eventualna korekcija krivulje snage, brzine i broja okretaja, potrošnje goriva i efektivnog tlaka da bi se mogao računski postupak temeljiti na izmjerenim podacima. Prema odjeljku 3. ovog rada: Prijedlog za moderni sustav upravljanja plovidbom broda.
- Za brod u službi u u toj točki dijagrama toka unosi se moguće promjene postupka podvodne zaštite, promjene u intervalima dokovanja, te promjene u čišćenju i poliranju vijka, postupak održavanja glavnoga propulzijskog stroja da bi se

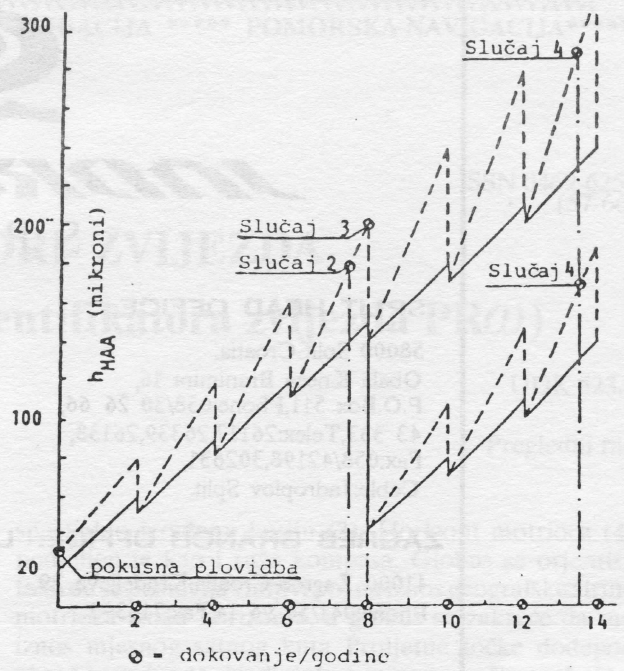


Slika 1. Dijagram toka kompjutorskog programa za određivanje točke plovidbe (lit.8)

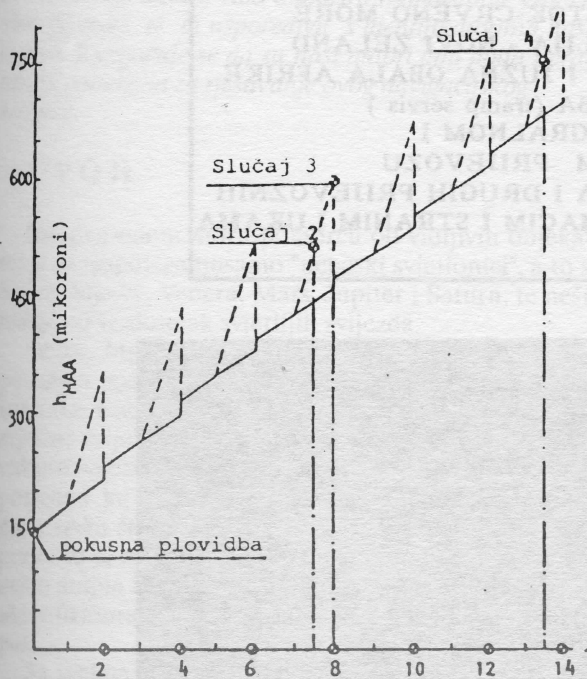


Dijagram 2: Odnos između povećanja eksploatacijske hrapavosti i odgovarajućeg povećanja snage za različite prevlake (lit. 14)

- Cp - konvencionalne prevlake
- Lp - dugotrajne prevlake
- Rp - reaktivne prevlake
- Sp - samopolirajuće prevlake
- AHR - prosječna hrapavost trupa



Dijagram 4: Eksploatacijska hrapavost broskog vijka ovisno o vremenskim razdobljima (lit. 12)



Dijagram 3: Eksploatacijska hrapavost trupa ovisno o vremenskim razdobljima (lit. 12)

omogućilo uslijedećem proračunu korišćenje ažuriranim podacima s korigiranim krivuljama snaga - brzina - broj okretaja.

- Proračun utjecaja starenja za glavnu prpuzijsku jedinicu obavlja se u skladu s dostupnim podacima a i u skladu s programom za planirano održavanje broda (lit. 15).
- Za brodove u službi potrebno je iz prikupljenih izmjerenih podataka u eksploataciji broda

korigirati prethodni proračun, u skladu sa stvarnim podacima o prevlakama, dokovanju, čišćenju i održavanju.

- Za brodove u službi valja uvesti u proračun stvarne podatke stanja broda, vremenske uvjete te razmatranu rutu plovidbe, i na taj način ostvariti novu stvarnu točku snage i broja okretaja (lit. 13).
- Za brod u službi prijeko je potrebno pretpostavljene elemente u proračunu srednje točke usporediti u usporedbi s izmjerenim i korigiranim elementima za brod u službi.

THE SYSTEM FOR VESSEL SAILING OPTIMIZATION

Summary

The importance of ship's sailing management can be described by amount of money witch can be saved by continous effort for vessel performace conservation. The system for performing optimization of vessel sailing characteristics has to be selected on the principle of best comercial calculation results of system configuration picked out.

The quantety of automation in system sailing management has to be adopted to the Shipowner practicability (crew, in operation performace).

Ship's sailing management theoretically and practicaly is divided on the existing ships and on the newbuildings. On the existing ships sailing and propulsion plant efficiency can be significantly improved by adequate selection of modest system configuration to surpass from individual sailing managemebt to the partialy integrated.

Key words:

Sailing operation; individual sailing operation; integrated sailing operation; vessel sailing optimization.