

UDK 528.489:629.12
528.02—187.4
Stručni članak

PRIMJENA GEODETSKIH METODA MJERENJA VISOKE TOČNOSTI NA PLOVEĆIM I PLUTAJUĆIM OBJEKTIMA NA MORU

Petar CEROVAC* — Split

SAŽETAK: U ovom radu razmatra se mogućnost primjene geodetskih metoda mjerenja visoke točnosti, samostalno ili u kombinaciji s drugim metodama, na plovećim ili plutajućim objektima na moru. Pritom je posebna pažnja posvećena odabiru odgovarajućih postupaka mjerenja.

1. UVOD

Medij u kojemu se ploveći i plutajući objekti nalaze (plove ili plutaju na granici dvaju medija, zraka i vode) čini ih kao sustav nestacionarnim. U skladu s tim sva mjerenja na plovećim ili plutajućim objektima prate i odgovarajuće metode i postupci mjerenja. S izmjerom sve manjih promjena, ova veza je sve jača i izražajnije. S geodetskoga gledišta, zanimljivije su promjene dimenzija, oblika i položaja, kako pojedinih elemenata navedenih objekata, tako i njih samih kao cjeline. U ovom radu se na nekoliko znakovitih primjera** razmatra mogućnost primjene geodetskih metoda mjerenja visoke točnosti na plovećim ili plutajućim objektima. Pritom se geodetske metode najčešće kombiniraju s drugim metodama mjerenja. Takav način rada omogućuje da se postigne, ako ne veća točnost mjerenja što se postiže svakom od pridruženih metoda, a ono uspješna primjena i u lošijim radnim uvjetima. U ovim razmatranjima, zbog medija u kojemu se nalaze ploveći i plutajući objekti, bitno je definirati pojam apsolutnog pomaka. Ovim pojmom smatra se pomak određen u odnosu na PRSO (OPRSO)*** (Cеровac, 1990).

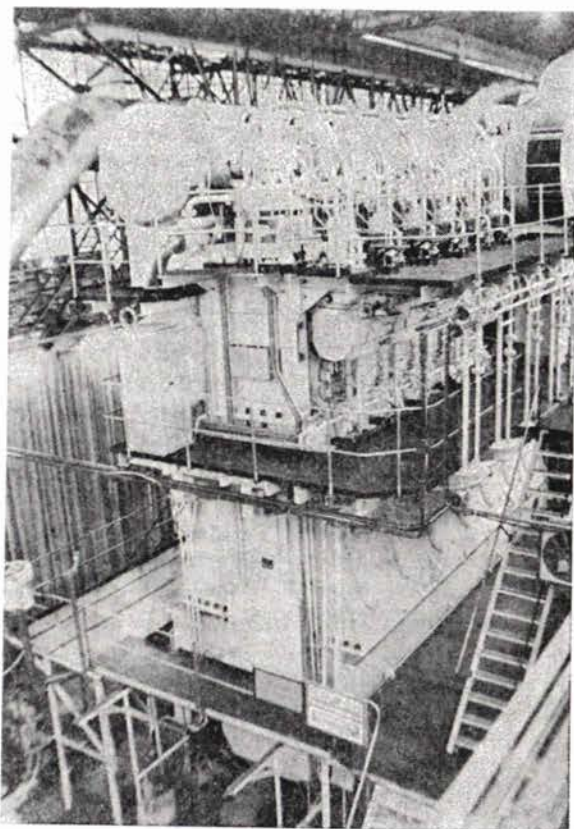
* Mr. Petar Cerovac, Fekultet građevinskih znanosti, Split, V. Masleše bb.

** Suradnici na terenskim radovima: Milan Špika, inž., Stjepan Trninić, tehn., brodogradilište »V. Lenac«, Rijeka.

*** PRSO (OPRSO) — Presječnica ravnine simetrije s osnovicom (optimalna PRSO-OPRSO određuje se metodom najmanjih kvadrata).

2. ODREĐIVANJE OBLIKA I POLOŽAJA STROJNO OBRAĐENIH ELEMENATA

Ova razmatranja vezana su uz određivanje stanja gornje površine stalka glavnog motora »Burmeister & Wain engine« (B & W) m/s »Orkanger« kompanije »Westfal — Larse« — Norveška, remontiran u brodogradilištu »Uljanik« u Puli (u dizelsko-motornoj proizvodnji) i u brodogradilištu »V. Lenac« u Rijeci u srpnju 1990. Da bi se stekla predodžba o općem izgledu glavnoga brodskoga dizelskog motora, odnosno njegova stalka (zbog nedostatka fotografije promatranog motora (starija izradba), priložena je fotografija glavnoga brodskoga dizelskog motora nove izradbe, danas udruženog proizvođača M.A.N. — B & W Diesel (sl. 1).



Slika 1. Glavni brodski dizelski motor na ispitnom stolu (M.A.N. — B&W 6L60MC 9900 KW)

Općenito, lokacija nekog elementa u sklopu motora, a u svezi s funkcijom koju pritom ima, uvjetuje točnost njegova oblika i položaja. Prema tim uvjetima, pri kontroli stanja navedenih elemenata odabiru se metode i postupci mjerenja. Pritom se one vrlo često kombiniraju. Prema važećim propisima dopuštena su odstupanja promatranog elementa:

- za paralelnost površine s referentnom crtom 0,10 mm na 10 m s maksimalnim otklonom između poprečnih nosača temeljnog ležaja od 0,05 mm (M.A.N. — B & W Diesel, 1985, JUS M. Al. 243, 1974. i JUS M. Al. 244, 1974);
- za razred površinske hrapavosti N 10 ($R_{a \max}^* = 12,5 \mu\text{m}$), (M.A.N. — B & W Diesel, 1985; JUS M.AO.065, 1977).

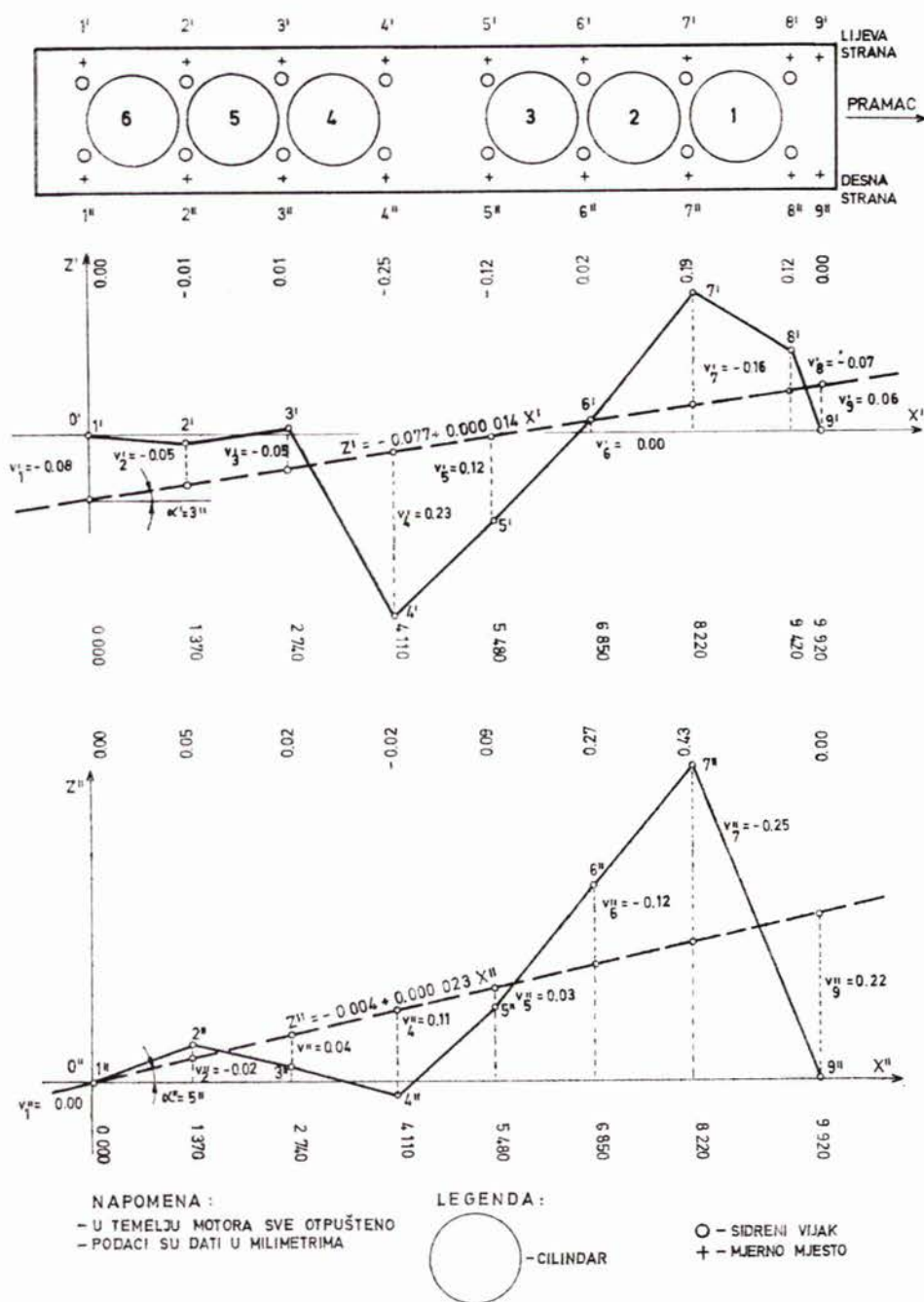
Iako se pri promatranju odstupanja oblika realne površine od geometrijskog oblika predočenog na crtežu hrapavost površine ne uzima u obzir, ipak je, radi uvida u cjelokupnost odstupanja, naveden i razred površinske hrapavosti, odnosno $R_{a \max}$ (Inženjersko tehnički priručnik, 1967). U ovom je slučaju stanje navedenog elementa, zbog mogućnosti primijenjenih metoda i postupaka mjerenja, određeno u dvjema vertikalnim ravninama $o'x'z'$ i $o''x''z''$, poolženim uzduž promatranog elementa (u uzdužnom smjeru plovećeg objekta), neovisno u jednoj o drugoj strani (sl. 2).

U lokalnim koordinatnim sustavima određene su koordinate karakterističnih točaka realnog profila u navedenim vertikalnim ravninama. Ti koordinatni sustavi odabrani su uz uvjet da traženi pravac, koji najbolje predstavlja realni profil, leži što bliže jednoj od koordinatnih osi (u ovom slučaju osi x' , odnosno osi x'' , Jovičić i dr., 1982). U odnosu na navedeni skup točaka metodom najmanjih kvadrata određuju mu se, posebno za svaku stranu, optimalni pravac realnog profila.

U oba slučaja pretpostavlja se da su argumenti x'_i , $i = 1, 2, \dots, n$, odnosno x''_i , $i = 1, 2, \dots, n$, točni (Klak 1974). Uz pretpostavku da osi x' i x'' koordinatnih sustava $o'x'z'$ i $o''x''z''$ leže u istoj ravnini, koeficijenti smjera navedenih optimalnih pravaca određuju položaj jednog u odnosu na drugi promatrani profil (sl. 2). U ovom primjeru veza između koordinata točaka u jednom i drugom koordinatnom sustavu nije uspostavljena, nego su osi x' i x'' koordinatnih sustava $o'x'z'$ i $o''x''z''$ povučene kroz iste (odgovarajuće) točke lijeve, odnosno desne strane promatranog elementa. Ovim postupkom određuje se i oblik promatranog profila. Njega oslikavaju popravke $v'_{z,i}$, $i = 1, 2, \dots, n$, odnosno $v''_{z,i}$, $i = 1, 2, \dots, n$ pripadnih veličina z'_i , $i = 1, 2, \dots, n$, odnosno z''_i , $i = 1, 2, \dots, n$. U ovim razmatranjima veličine x'_i , $i = 1, 2, \dots, n$ i x''_i , $i = 1, 2, \dots, n$ mogu se odrediti s relativno malom točnošću (dovoljno u centimetrima) dok se veličine z'_i , $i = 1, 2, \dots, n$ i z''_i , $i = 1, 2, \dots, n$ trebaju odrediti s točnošću koja je, kako je rečeno, određena lokacijom odgovarajućeg elementa u sklopu motora, a u svezi s funkcijom koju pritom ima. U promatranom primjeru veličine z'_i , $i = 1, 2, \dots, n$, odnosno z''_i , $i = 1, 2, \dots, n$ određene su očitanjem mikrometarskog vijka (čitanje ljestvice 1/100 mm) utjeranim (po visini) u pravcu određen vizurnom osi instrumenta, položenim usporedno s pravcem povučenim kroz krajnje točke odnosne strane promatranog elementa. Pritom je mikrometarski vijak, preko umetka, postavljen na magnetskom stalku, a vizurni znak na njemu obilježen kružnicom (sl. 3).

O gustoći vertikalnih ravnina u kojima se, po profilima i broju snimljenih točaka na njima, promatra stanje nekog elementa, ovisi kvaliteta slike o njemu (oblik i položaj). Pritom je vrlo bitno primijeniti postupak mjere-

* $R_{a \max}$ — najveće prosječno odstupanje profila (JUS M. AO. 065, 1977; Praktičar 2, 1972; KRAUT, 1982).



Slika 2. Gornja površina stalaka glavnog motora (Burmeister & Wain Engine, m/s »Orkanger«)



Slika 3. Mikrometarski vijak s umetkom na magnetskom stalku

nja kojim se otklanja, ili na praktično zanemarljivu vrijednost reducira, utjecaj gibanja mora na rezultate mjerenja. Jednakim postupkom određuje se stanje promatranog elementa i u poprečnom smjeru plovecég objekta.

3. ODREĐIVANJE DEFORMACIJA OSOVINSKOG VODA

Osovinski vod služi da se porivna sila stroja prenese na brodski vijak i uporabi za kretanje broda. Ovisno o smještaju porivnog stroja (može biti na sredini broda, više prema krmu i potpuno na krmu) ovisi i duljina osovinskog voda (niza osovina koje se sastoje od međuosovina i osovine koja nosi brodski vijak) (Ozretić 1978).

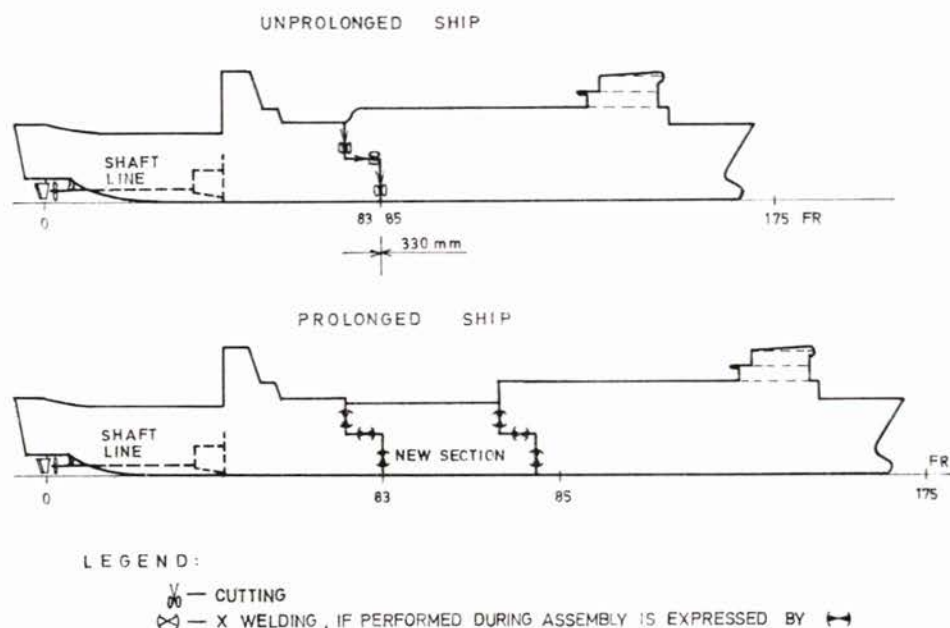
Ova razmatranja vezana su uz određivanje deformacija dijela osovinskog voda m/s »Golfo Dei Fiori«, Compagnia Sadra di navigazione marittima S.P.A. iz Genove pri njegovu produljenju umetanjem nove sekcije u plutajućem doku u brodogradilištu »V. Lenac« u Rijeci, u ljeto 1988.

Pomak osovinskog voda, samo u vertikalnoj ravnini, promatran je u sljedećim fazama:

1. prije rekonstrukcije broda, brod u moru;
2. prije rezanja broda, brod u plutajućem doku;
3. nakon rezanja broda, brod u plutajućem doku;
5. nakon zavarivanja krmene strane nove sekcije s krmnim dijelom broda;
4. prije zavarivanja nove sekcije;
6. nakon zavarivanja pramčane strane nove sekcije s pramčanim dijelom broda (sl. 4).

4. ODREĐIVANJE DEFORMACIJA PALUBE TORNJA, PALUBE PONTONA I PALUBE BRODA PRI PROMJENI PROGIBA PLUTAJUĆEG DOKA

Određivanja deformacija palube tornja, palube pontona i palube broda pri promjeni progiba plutajućeg doka vezana su uz plutajući dok br. 5. brodogradilišta »V. Lenac« u Rijeci i m/b »Primorje« u vlasništvu »Jugolinije« — Rijeka u njemu. Ispitivanja su izvedena 25. svibnja 1974. u 10,00 sati, pri



Slika 4. Produljenje broda umetanjem nove sekcije u plutajućem doku (m/s »Golfo Dei Fiori«)

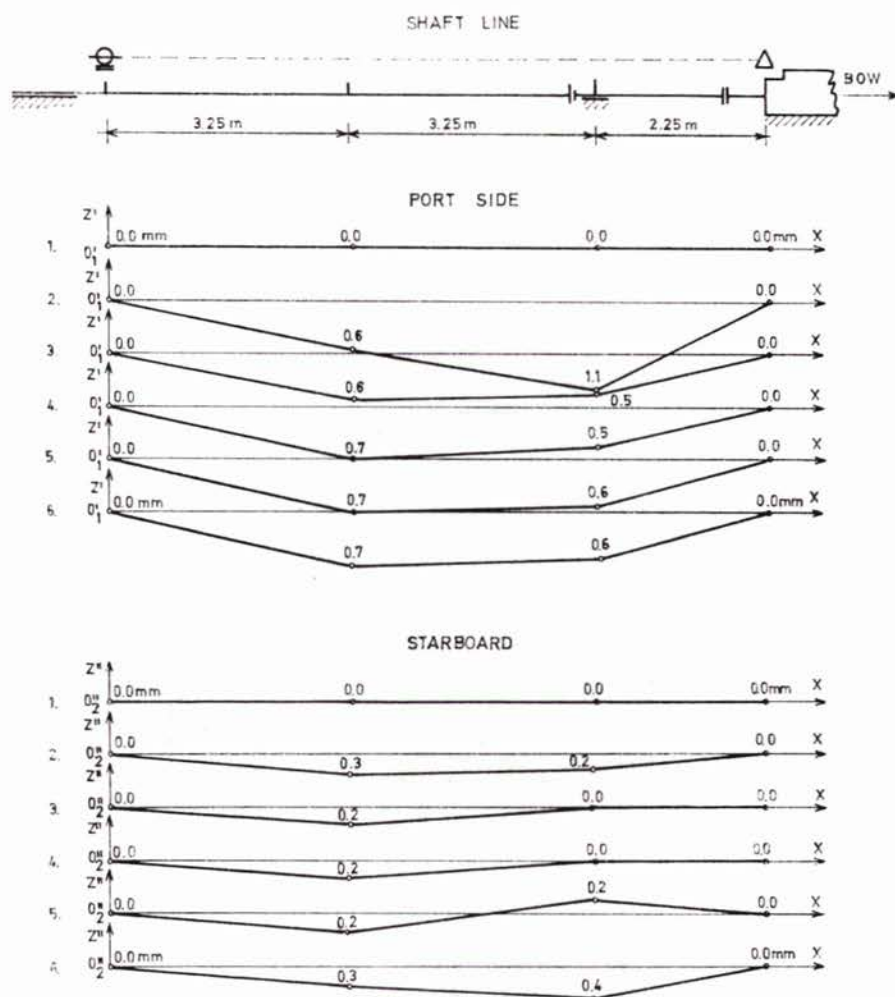
temperaturi zraka 20°C i temperaturi mora 17°C (sunčan dan). Pritom je veličina progiba doka mijenjana s pomoću balastnih tankova. Te promjene kontrolirane su optičkim i hidrauličkim defleksiometrom (vlastiti instrumenti). Instrumenti se justiraju geodetskim metodama mjerenja kao točnijim.

Tablica 1. Rezultati mjerenja

Progib doka [cm]	I		II		III	
	Deformacija 1/100 mm	Naprezanje kp/cm ²	Deformacija 1/100 mm	Naprezanje kp/cm ²	Deformacija 1/100 mm	Naprezanje kp/cm ²
4.0	0	—	0	—	0	—
0.8	6	126	16	336	2	42
0.0	0	—	0	—	0	—
2.0	3	63	7	147	1	21
0.0	0	—	0	—	0	—

Opaska:

- I — mjerna motka na palubi tornja
- II — mjerna motka na palubi pontona
- III — mjerna motka na palubi broda

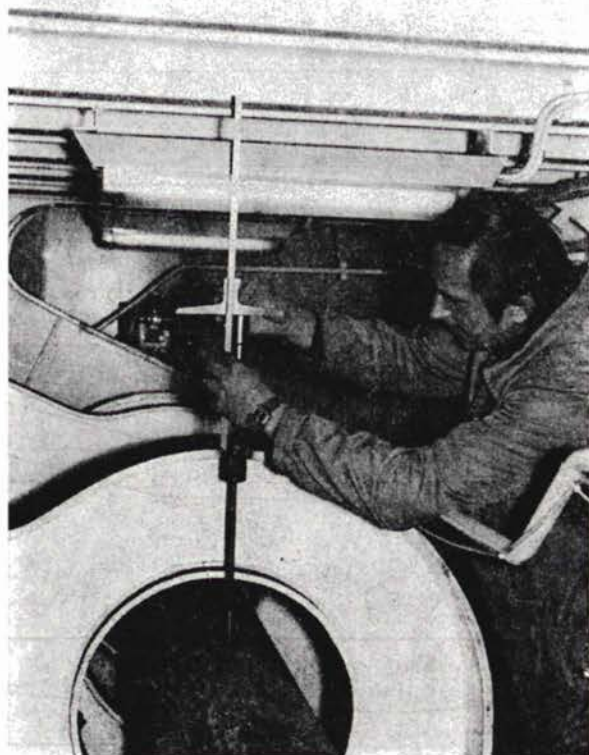


NOTE:
IN ALL MEASUREMENT PHASES IN FLOATING DOCK, DOCK DEFLECTION WAS ZERO

1. MEASURED, 29. 07. '88. AT 14⁰⁰, t = 30°C, SUNNY, BEFORE THE WORK COMMENCEMENT - SHIP AFLOAT
 2. MEASURED, 30. 07. '88. AT 13⁰⁰, t = 25°C, CLOUDY, BEFORE CUTTING
 3. MEASURED, 1. 08. '88. AT 10⁰⁰, t = 29°C, SUNNY, AFTER CUTTING
 4. MEASURED, 13. 08. '88. AT 8⁰⁰, t = 25°C, SUNNY, BEFORE WELDING
 5. MEASURED, 29. 08. '88. AT 9⁰⁰, t = 22°C, SUNNY, AFTER WELDING - AFT
 6. MEASURED, 22. 09. '88. AT 9⁰⁰, t = 21°C, SUNNY, AFTER WELDING - FWD
- } SHIP IN FLOATING DOCK

Slika 5. Stanje osovinskoog voda (m/s »Golfo Dei Fiori«).

Prije tih ispitivanja izjednačena je razina tekućine u tankovima doka. Pritom je dok imao pregib od 8 mm. Pregib je, uz pretpostavku da je nulti



Slika 6. Određivanje deformacija osovinskog voda u vertikalnoj ravnini (m/s »Golfo Dei Fiori«)

položaj doka, odnosno da su mu nulte točke zagaznica (vanjske i unutarnje) određene s odgovarajućom točnošću, rezultat razlike temperature zraka i mora i insolacije. Inače nulte točke zagaznica doka također se određuju geodetskim metodama mjerenja. Deformacije tih elemenata određene su mjernom motkom duljine 1000 mm s komparatorom (čitanje ljestvice 1/100 mm).

Podaci o mjerenju (u tablici 1) deformacije palube tornja, palube pontona i palube broda, ovisno o progibu doka, navedeni su sa svrhom da se dobije predodžba o njihovoj veličini i o veličini odgovarajućeg im progiba doka. Uočava se da geodetske metode mjerenja (samostalno, a pogotovo u kombinaciji s drugima, kao što su u ovom radu navedene metode mjerenja) uspješno mogu pružiti odgovarajuću podršku i ovako točnim mjerenjima (Ajvaz, 1969; Aničić, 1973). Pritom je također vrlo bitno primijeniti postupak kojim se otklanja, ili na praktično zanemarljivu vrijednost reducira, utjecaj gibanja mora na rezultate mjerenja.

4. ZAKLJUČAK

Svrha je ovih razmatranja da na nekoliko karakterističnih primjera pokaže da se geodetske metode mjerenja samostalno ili u kombinaciji s drugim metodama uspješno mogu primijeniti pri mjerenju visoke točnosti na plovećim ili plutajućim objektima na moru. Pritom je vrlo bitno odabrati postupak kojim se otklanja, ili na praktično zanemarljivu vrijednost reducira, utjecaj gibanja mora na rezultate mjerenja, o čemu je, kako se vidi u navedenim primjerima, vođeno računa. Razlog tomu je to što se pri mjerenju visoke točnosti, kao što su ona promatrana u ovom radu, koliko god more bilo tiho, ne može zanemariti njegov utjecaj na rezultate mjerenja.

LITERATURA

- Ajvaz, V. (1969): Mjerenje deformacija i naprezanja u strojnim i građevnim konstrukcijama. Zagreb, 1969.
- Aničić, D. (1973): Ispitivanje građevinskih konstrukcija (predavanje održano 7. 11. 1973. slušačima nastave III. stupnja na Geodetskom fakultetu u Zagrebu), Zagreb, 1973.
- Cerovac, P. (1990): Prilog istraživanju primjene geodetskih metoda mjerenja pri gradnji plutajućih dokova izuzetno velikih dimenzija. Geodetski list, 1990, 10—12, 329 — 342.
- Jovičić, D., Lapaine, M., Petrović, S. (1982): Prilagođavanje pravca skupu točaka prostora. Geodetski list, 1982, 10 — 12, 260 — 266.
- Klak, S. (1982): Teorija pogrešaka i račun izjednačenja. Zagreb, 1982.
- Kraut, B. (1982): Strojarski priručnik, Zagreb, 1982.
- Ozretić, V. (1978): Brodski pomoćni strojevi i uređaji, Zagreb, 1978.
- Pounder, C. C. (1965): Marine Diesel Engines, London, 1965.
- JUS M. Al. 243, 1974.
- JUS M. Al.244, 1974.
- JUS M. AO. 065, 1977.
- M. A. N. — B W Diesel (1985): Assembly instructions for MC engines. Copenhagen, 1985.
- Inženjersko-tehnički priručnik, četvrta knjiga, Beograd, 1967.
- Praktičar 2, strojarstva 1, Zagreb, 1972.
- Tehnička dokumentacija brodogradilišta »V. Lenac« — Rijeka
- Tehnička dokumentacija »Brodoprojekt-a« — Rijeka.

THE APPLICATION OF SURVEYING HIGH ACCURACY MEASUREMENTS CARRIED OUT ON VESSELS

This paper deals with the possibility of applying surveying measurement methods to high accuracy measurements, on vessels either as a separate or combined method. Therein, special attention has been paid to the selection of the appropriate measurement procedures.

Primljeno: 1991-12-12