

## PRIMJENA GEODETSKIH METODA MJERENJA PRI GRADNJI PLOVEĆIH OBJEKATA METODOM OTOKA NA NAVOZU<sup>1</sup>

Petar CEROVAC — Split\*

*SAŽETAK: U radu su prikazana istraživanja o primjeni geodetskih metoda mjerenja pri gradnji plovećih objekata metodom otoka na navozu. Pritom su analizirane pogreške koje se pojavljuju pri izradbi i montaži trupa. Time je omogućeno da se znatno skрати vrijeme njegove izradbe na navozu.*

### 1. UVOD

U namjeri da se skрати vrijeme gradnje plovećih objekata na navozu, prihvaćena je tehnološka koncepcija gradnje metodom otoka. Gradnja u više dijelova i njihovo sastavljanje, odnosno spajanje — glavni su elementi ove tehnološke koncepcije. Istraživanja o primjeni geodetskih metoda mjerenja pri gradnji plovećih objekata metodom otoka na navozu vezana su uz gradnju tankera od 39 600 dwt (Nov. 196<sup>2</sup>) u dva dijela, u brodogradilištu »J. L. Mosor« u Trogiru za »West River Shipping Corp.«, Monrovia. Glavne su dimenzije Nov. 196:

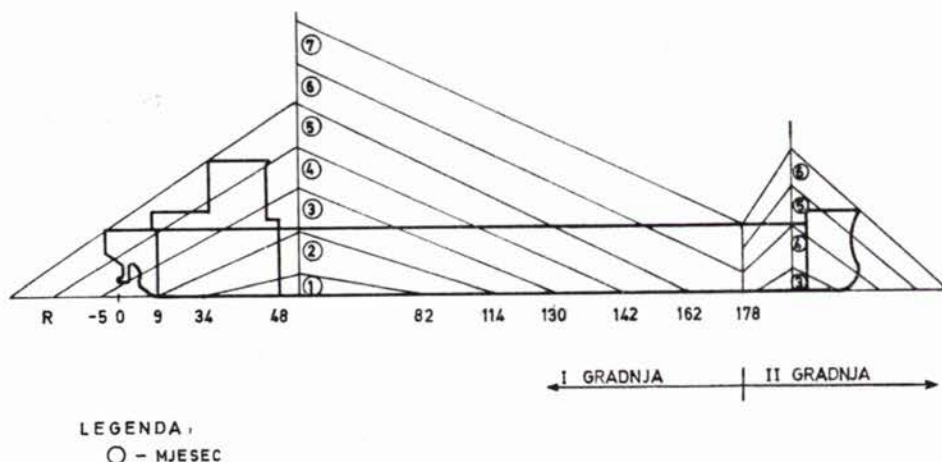
— duljina preko svega	174.98 m
— širina	32.00 m
— visina	15.10 m

Dijelovi su gradnje ovog objekta: krmeni dio (I. gradnja) od R 5 do R 178 i pramčani dio (II. gradnja) od R 178 do R 225. Planirano je da montaža prve gradnje počne dva mjeseca prije druge. Dijelovi se spajaju na poziciji između R 177 i R 178 na udaljenosti 150 mm od R 178 (sl. 1). U svezi s tim Grubišić (1978) piše: »Spajanje se može izvesti bez teškoća ako se svi poprečni presjeci na spoju nalaze u ravnini koja je okomita na uzdužnu os broda. Osim toga, poprečni presjeci krmenog i poprečnog dijela broda moraju biti potpuno jednakih dimenzija i oblika, tj. sukladni«.

\* Mr. Petar Cerovac, dipl. inž., Fakultet građevinskih znanosti, Split, V. Masleše bb.

<sup>1</sup> Ova je istraživanja financiralo i dalo privolu za objavljivanje brodogradilište »J. L. Mosor«, Trogir. Ona su obavljena uz suradnju brodograditelja.

<sup>2</sup> Nov. 196 — Uobičajeni način označivanja novogradnja u brodogradilištu.



Slika 1. Plan gradnje Nov. 196 po mjesecima (\*\*\*) 1988)

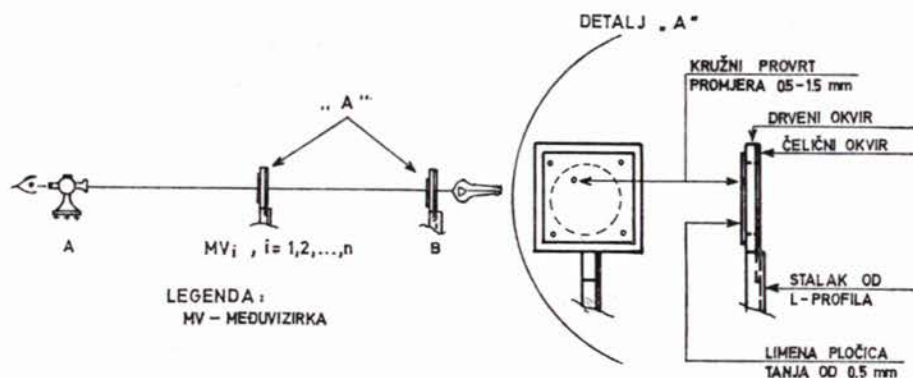
## 2. ODREĐIVANJE POLOŽAJA NOV. 196 NA NAVOZU

Općenito, položaj novogradnje na navozu, odnosno položaj gornjeg lica potklada, na kojemu tijekom gradnje leži dno trupa (sl. 5), određuje se u odnosu na osnovni pravac ili, danas češće, u odnosu na osnovnu ravninu za gradnju broda (Grubišić 1978). Danas se i pravac i ravnina za gradnju broda određuju u odnosu na raster točaka navoza (Cerovac 1981). Međutim, na navozima na kojima nije ugrađen raster točaka, ili je (što nije rijetko) rijedak, osnovni pravac, ili više paralelnih, određuje se s pomoću kovinskih vizirki, odnosno tanke čelične žice (obično  $\varnothing = 0,3$  mm) provučene kroz provrte učinjene na njima (Grubišić 1978, Cerovac 1987). Pritom je položaj krajnjih vizirki, odnosno položaj provrta na njima, uvjetovan položajem broda ili položajem gornjeg lica potklada na međusobnoj udaljenosti oko 10% većoj od duljine promatranog objekta. Položaj međuvizirki ili provrta na njima danas se određuje s pomoću teodolita. Pritom se jedna od krajnjih vizirki ili mjesto provrta na njoj definira presjecištem vertikalne i horizontalne osi instrumenta.

Vizurna os usmjerena k provrtu na drugoj krajnjoj vizirki određuje pravac paralelan dnu trupa na udaljenosti (iz praktičnih razloga) obično 500 mm od dna trupa. Nakon toga određuje se položaj provrta na međuvizirkama (sl. 2), (Cerovac 1978). Čelična žica provučena kroz provrte na vizirkama omogućuje u svako doba laku i brzu provjeru položaja trupa na navozu (\*\*\*) 1979). Stoga je, iako je na navozu na kojemu je planirana gradnja Nov. 196 ugrađen raster točaka (sl. 3), na poziciji  $\zeta^3$  broda predviđena stabilizacija osnovnog pravca s pomoću metalnih vizirki, odnosno tanke čelične žice.

Kako je planirano da se Nov. 196 gradi od dvaju dijelova (smještenih na odgovarajućim pozicijama) spajanjem na navozu, položaj II (manje) gradnje uvjetovan je položajem I (veće) gradnje, s montažom koja je planirana dva

<sup>3</sup>  $\zeta$  — vertikalno uzdužna ravnina, ravnina simetrije



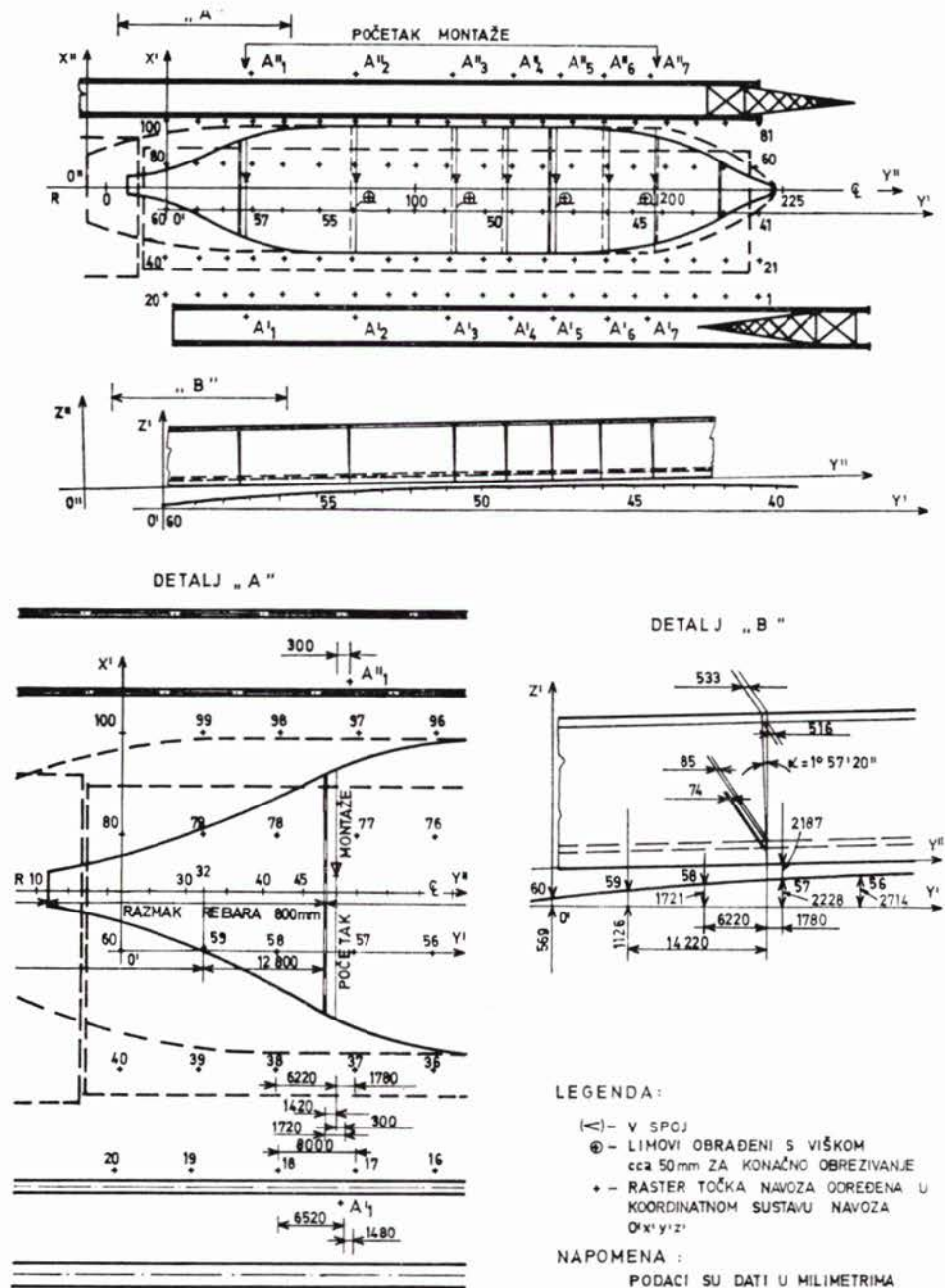
Slika 2. Materijalizacija položaja pravca s pomoću kovinskih vizirki, određenog vizurnom osi instrumenta (Cerovac 1987)

mjeseca ranije od montaže II. gradnje (sl. 1). Obje gradnje grade se u odnosu na isti osnovni pravac, odnosno u odnosu na osnovnu ravninu za gradnju broda. Međutim, ako se neposredno prije početka druge gradnje utvrdi da je odstupanje niza točaka PRSO<sup>4</sup> Nov. 196 veće od 5 mm (iskustveni podatak), metodom najmanjih kvadrata određuje se optimalna PRSO (OPRSO), (Cerovac 1990), te prema njoj korigira osnovni pravac za gradnju prve gradnje, u odnosu na onaj za drugu gradnju. Stoga se osnovni pravac za gradnju prve gradnje, odnosno njegova korigirana verzija, ekstrapolira i na poziciji druge gradnje, što omogućuje da se obje gradnje montiraju u odnosu na isti osnovni pravac, odnosno ravninu za gradnju. Odstupanja PRSO rezultat su brojnih čimbenika: pogrešaka osnovnih elemenata konstrukcije, pogrešaka montaže, deformacija nastalih zavarivanjem i stiskanjem drvenog dijela potklada (tvrđi drveni trupci, sl. 5) i pogrešaka mjerenja (Mavrić 1976).

### 3. KONTROLA GRADNJE NOV. 196

U namjeri da se osigura odgovarajuća točnost gradnje Nov. 196 permanentno se kontrolira njena montaža. Kontrola se izvodi po poprečnim presjecima sekcija (prstenova) u odnosu na novougrađene točke  $A'_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , i  $A''_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , u sklopu raster točaka navoza (sl. 3). Pritom se poprečni presjek odgovarajuće sekcije (prstena) kontrolira u odnosu na vizurnu ravninu određenu s pomoću objektivne (pentagonalne) prizme pri instrumentu centriranom iznad odgovarajuće točke  $A'_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , odnosno  $A''_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , i vizurnoj osi durbina postavljenoj paralelno s PRSO, odnosno OPRSO (Cerovac 1990). Osim toga, karakteristična mjesta sekcije (prstena) kontroliraju se i u odnosu na vertikalnu vizurnu ravninu, položenu, također, odgovarajućim točkama  $A'_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , odnosno  $A''_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Ako se pritom na promatranoj poziciji pojavi odstupanje realnog od planiranog položaja stične ravnine, ono se otklanja na račun predviđenog tehnološkoga kompenzatora, tj. dimenzijskog dodatka ili viška (sl. 3), translacijom odgovarajuće stične ravnine po PRSO, odnosno OPRSO. Ako se na

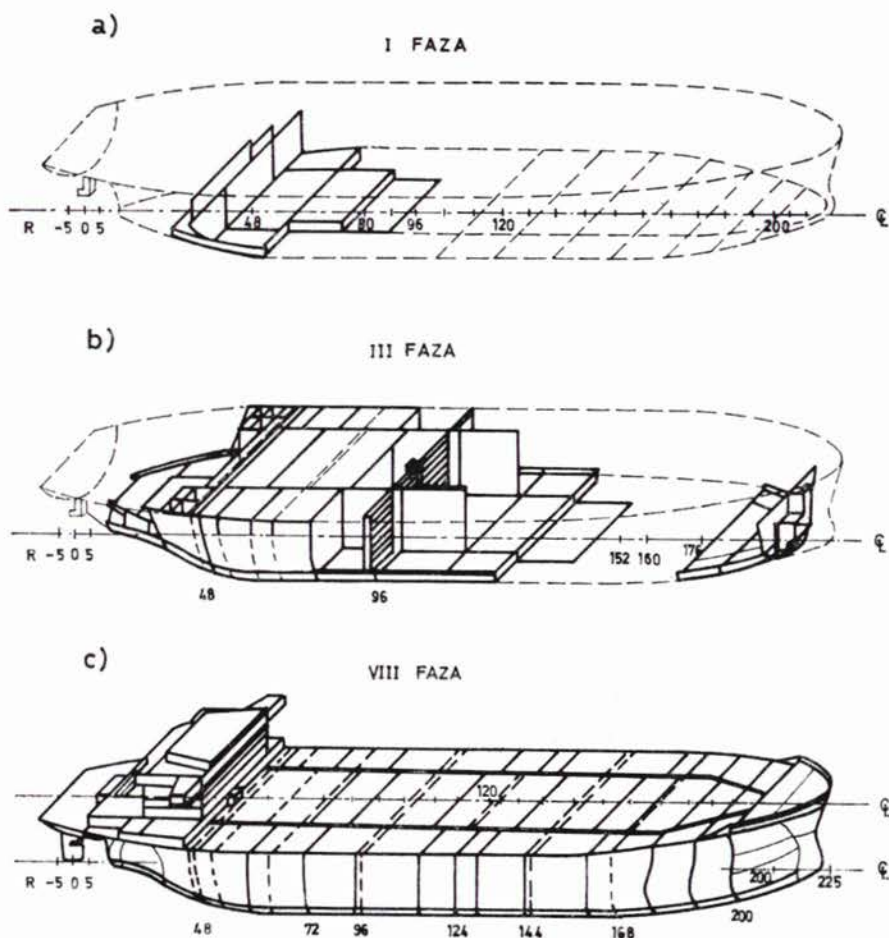
<sup>4</sup> PRSO — presječnica ravnine simetrije s osnovicom



Slika 3. Smještaj Nov. 196 na navozu (\*\*\* 1988)

taj način ipak ne kompenzira ukupno odstupanje stične ravnine prve gradnje, ono se otklanja pomicanjem druge gradnje (po prirodi utjecaja) redovito k prvoj gradnji.

Veličina ovog pomaka određuje se na osnovi (do početka montaže druge gradnje) nađenog stanja stičnih ravnina montiranih sekcija (prstenova) prve gradnje i pretpostavke da će ono biti jednako i na ostalim spojnim mjestima iste gradnje (sl. 4b). Odstupanje realnog od planiranog položaja navedenih stičnih ravnina također je rezultat pogrešaka osnovnih elemenata konstrukcije, pogrešaka montaže, deformacija zavarivanja i pogrešaka mjerenja. Pritom su u ovim razmatranjima osobito važne deformacije koje nastaju pri zavarivanju. Pri izradbi elemenata i sekcija trupa broda sistematskim se pogreškama pridodaju deformacije koje nastaju pri plinskom rezanju i zavarivanju (Mavrić 1976). U namjeri da se dobije predodžba o deformacijama koje se mogu pojaviti kao posljedica zavarivanja, pri promatranim i sličnim radovima, navode se rezultati istraživanja Takagija i dr. (1964) prigodom

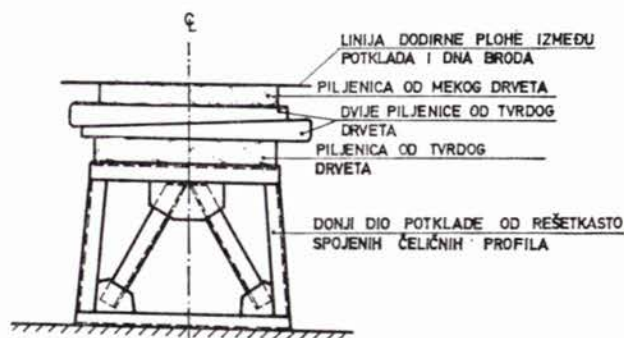


Slika 4. Redoslijed montaže sekcija (prstenova) na navozu po fazama (\*\*\*) 1988)

rekonstrukcije trupa osam tankera, sličnih značajki, od po 35 000 dwt i 49 000 dwt (također, značajki sličnih tankeru promatranom u ovom radu). Stezanje glavnih suočenih zavarenih spojeva na oplati dna broda, mjereno na poziciji spajanja krmenog dijela broda s novom sekcijom, bilo je približno 5 mm. Stezanja uzrokovana zavarivanjem nastaju samo u blizini vara, a većina ostalih dijelova trupa dalje od vara miču se prema varu kao čvrsto tijelo.

Rezultati ovih istraživanja ukazuju na potrebu da se pri radovima, kakav je predložen u ovom radu, koje prati velika količina vara, o ovoj pojavi vodi računa (Vlašić 1955 i Živčić 1974). Osim toga, o toj se pojavi, zbog dizanja slobodnoga kraja montiranih elemenata, mora voditi računa pri spajanju prve i druge gradnje. Međutim, zahvaljujući tomu što se sekcije jedna po jedna slažu i što se cijeli presjek neće odjednom zavariti, ne očekuju se ni deformacije oplata dna (dizanje slobodnoga kraja) veće od polovice debljine kobiličnog lima (u ovom slučaju 9 mm, iskustveni podatak), (sl. 4a). Uobičajenim načinom montaže te se deformacije lako otklanjaju, odnosno svode se na praktično zanemarljivu vrijednost.

Pri ovim radovima, zbog smještaja novogradnja na navozu na potkladama, valja voditi računa i o stiskanju drvenog dijela potklada. Postoje razne izvedbe potklada: od drveta (rabe se isključivo za male brodove), od drveta i betona i od drveta i čelika (koje se danas pretežito koriste, sl. 5).



Slika 5. Potklada od drveta i čelika (Grubišić 1974)

Drveni dio potklada sastoji se od trupaca tvrdog drveta (obično hrastovina, hrast lužnjak — slavonska hrastovina na našim navozima), (Benigar 1952).

Glavna fizička svojstva tog drveta jesu:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| — tvrdoća (srednja)    | 670 kp/cm <sup>2</sup>                     |
| — čvrstoća na pritisak | 520 kp/cm <sup>2</sup>                     |
| — elastičnost          | 117 00 kp/cm <sup>2</sup> (Ugrenović 1950) |

Broj potklada ovisi o težini broda. Obično se računa s težinom do 50 t po potkladi. U uobičajenim prilikama stiskanje drvenog dijela potklada nije veće od 2 do 3 mm (iskustveni podatak).

Ako su deformacije oplata spojnog dijela prve gradnje (slobodni kraj) veće od dopuštenog odstupanja (od polovice debljine kobiličnog lima, u ovom slučaju 9 mm, određenog na osnovi iskustvenih podataka), otklanjaju se na

račun predviđenoga tehnološkoga kompenzatora. To se ostvaruje izvođenjem stične ravnine prve gradnje iz položaja okomitog na PRSO, odnosno OPRSO, za usvojeni kut nagiba slobodnoga kraja spojenog dijela prve gradnje u odnosu na PRSO, odnosno OPRSO (Cerovac 1990).

U fazi projektiranja i izradbe radioničkih nacrtu uvijek se nastoje naći rješenja koja znatno utječu na smanjenje dimenzijskog odstupanja konačnog proizvoda (u ovom slučaju sekcija, prstenova, odnosno prve gradnje), jer je doradba na mjestu sastavljanja ili spajanja ekonomski najmanje prihvatljiv način kompenzacije. Otklanjanje ili kompenziranje ovog odstupanja s posljednjim ugrađenim sastavnim dijelom u praksi se često pojavljuje, zahvaljujući, uz ostalo, i jednostavnosti određivanja tehnološkoga kompenzatora (Meden 1980).

#### 4. ZAKLJUČAK

Ova istraživanja provedena su u namjeri da se među problemima vezanim uz gradnju plovećih objekata metodom otoka na navozu spoznaju i oni vezani uz primjenu geodetskih metoda mjerenja i dadu odgovarajuća rješenja.

Ovakav pristup omogućuje da se već u fazi projektiranja i izradbe radioničkih nacrtu predvide takva rješenja koja se mogu realizirati primjenom geodetskih metoda mjerenja. Stoga su analizirane pogreške koje se pojavljuju pri izradbi i montaži konstrukcije trupa broda. Takvim načinom rada skraćuje se vrijeme izradbe trupa broda na navozu, što je i bila svrha.

U svezi s ovom problematikom, navode se rezultati istraživanja Hmel'nickija i dr. (1974). Pri gradnji tankera »Krym« metodom otoka u suhom doku, uz kontrolu geodetskim metodama mjerenja, iskazana je i ova rečenica: »Ovakva tehnologija i organizacija rada omogućuju skraćivanje roka gradnje brodova (od postavljanja do predaje) za 20 do 25% ...«.

#### LITERATURA

- Benigar, V. (1952): Brodogradilišta, izdanje časopisa »Brodogradnja«, 1952.
- Cerovac, P. (1981): Geodetski radovi kod izgradnje i pripreme navoza, Savjetovanje »Uloga geodetske nauke i prakse u projektiranju i izgradnji gradskih kompleksa i naselja« Malinska, 1981, 241—257.
- Cerovac, P. (1987): Prilog definiranju položaja pravca pomoću vizirki, odnosno pomoću tanke čelične žice, Održavanje mašina i opreme OMO 1987, 5, 301—303.
- Cerovac, P. (1990): Prilog istraživanju primjene geodetskih metoda mjerenja pri gradnji plutajućih dokova izuzetno velikih dimenzija, Geodetski list, 1990, 10—12, 329—342.
- Grubišić, M. (1978): Tehnologija gradnje broda, Sveučilište u Splitu, Split, 1978.
- Hmel'nickij, G. N.; Adlerštejn, L. C.; Alekseev, J. F.; Sokolov, V. F. i Kirillov, A. P.: Osobennosti tehnologii postrojki tankera »Krym« v doke, Sudostroenie 1974, 1, 47—50.
- Mavrić, I. (1976): Točnost i kvaliteta izrade i montaže trupa broda, II Simpozij »Teorija i praksa brodogradnje«, Zagreb, 1976, 5.33—5.44.
- Meden, Đ. (1980): Prilog razrješavanju problema dimenzijske točnosti kod montažnih radova, IV Simpozij »Teorija i praksa brodogradnje« Opatija, 1980, 8.1—8.17.

- Takagi, O.; Hayashi, Y.; Ura, H. i Asso, B. (1964): Preostali naponi uslijed zavarivanja kod pregradnje trupa tankera, Dokumenti MIZ-a X 310—64, priredio, Beroš, Z. (1967), Zavarivanje (1967).
- Ugrenović, A. (1950): Tehnologija drveta, Zagreb 1950.
- Vlašić, M. (1955): Deformacije i naprezanja zavarene konstrukcije, Zavarivač, 1955.
- Živčić, M. (1974): Zavarivanje i srodni postupci, Društvo za tehniku zavarivanja SRH, Zagreb 1974.
- \*\*\*, (1988): Tehnička dokumentacija brodogradilišta »J. L. Mosor« — Trogir.
- \*\*\*, (1979): Rukovodstvo po tehničeskome nadzoru za postrojkoj sudov i izgotovleniem materialov i izdelij. Čast' 6. — Nadzor za postrojkoj sudov. 6.2. — Korpus, kontrol' montaža Korpusa na stapele, Registar SSSR, »Transport« 1979, 86—89.

#### THE APPLICATION OF SURVEYING METHODS IN THE CONSTRUCTION OF FLOATING STRUCTURES USING THE ISLAND METHOD ON THE BERTH

The paper presents the study on the application of surveying methods to the construction of floating structures by using the island method on the berth. The analysis includes the errors occurring in the construction and assembly of the hull. Thus, it is possible to reduce significantly the time of its construction on the berth.

Primljeno: 1991-10-23