

CENTRIRANJE OSOVINSKOG VODA NA BRODU POMOĆU USKOG SVJETLOSNOG SNOPA KAD JE BROD NA NAVOZU

Petar CEROVAC – Split*

SAŽETAK. Razmatraju se načini centriranja osovinskog voda na brodu pomoću uskog svjetlosnog snopa kad je brod na navozu. Pritom se, kako ova razmatranja pokazuju, može zanemariti ogib svjetlosti.

1. UVOD

Osovinski vod je uređaj kojim se sila koju proizvodi porivni stroj prenosi na brodski vijak za kretanje broda. Pritom se ova sila nastoji prenijeti uz što manji gubitak. Dužina osovinskog voda ovisi o smještaju porivnog stroja, a sastoji se od niza osovina. Ove osovine čine međuosovine i osovina koja nosi brodski vijak, a nose ih noseći ležaji (sl. 1). Općenito, porivni stroj može biti postavljen u sredini broda, više prema krmi ili potpuno na krmi broda. Ovisno o broju porivnih strojeva, brod može imati jedan ili više osovinskih vodova. S obzirom da osovinski vod predstavlja jedan od vitalnih dijelova broda, njegovu centriranju posvećuje se izuzetna pozornost.

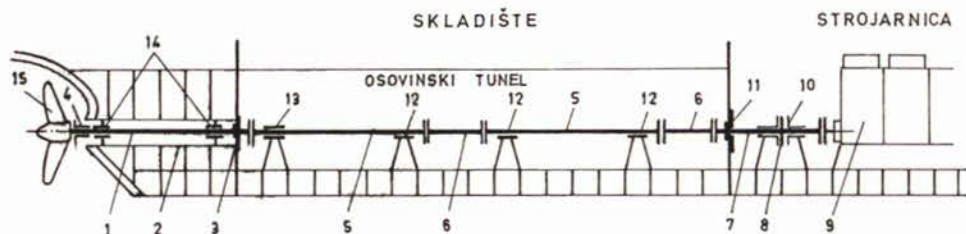
2. CENTRIRANJE OSOVINSKOG VODA NA BRODU

Nakon izrade osovina i ležaja, jedan od najvažnijih zadataka je centriranje osovinskog voda na brodu u spoju s porivnim strojem (sl. 1). Osovinski vod na brodu centrira se u dvije faze:

1. kad je brod na navozu i
2. kad je brod na moru (Ozretić, 1978.).

Ova razmatranja su, ovisno o primjeni geodetskih metoda pri centriranju osovinskog voda na brodu, vezana uz prvu fazu kad je brod na navozu (Cerovac, 1987.). U drugoj fazi centriranja osovinskog voda, kad je brod na vodi, primjenjuju se strojarske metode (Roje, 1959.; Gugić, 1970.). Ova druga faza centriranja osovinskog voda po sadržaju ne spada u domenu ovoga rada pa se ovdje i ne razmatra.

* Mr. Petar Cerovac, Građevinski fakultet, Matice hrvatske 15, Split.



Sl. 1: Smještaj osovinskog voda sa sastavnim dijelovima (Ozretić, 1978.)

Na sl. 1 pojedini brojevi imaju ova značenja:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. Osovina broskog vijka | 9. Porivni stroj |
| 2. Statvena cijev | 10. Odrivni ležaj |
| 3. Prednja brtvenica | 11. Pregradna brtvenica strojarnice |
| 4. Stražnja brtvenica | 12. Nosivi ležaj |
| 5. Međuosovina | 13. Nosivi ležaj |
| 6. Međuosovina | 14. Ležaj statvene cijevi |
| 7. Odrivna osovina | 15. Brodski vijak. |
| 8. Odrivni prsten | |

2.1. Centriranje osovinskog voda na brodu kad je brod na navozu

Za centriranje osovinskog voda kad je brod na navozu, postoje dva načina:

- pomoću uskog svjetlosnog snopa i
- pomoću geodetskog instrumenta (Cerovac, 1987.).

U oba slučaja položaj osovinskog voda na brodu određuje se u odnosu na uzdužnu os broda ili u odnosu na optimalnu uzdužnu os broda (Cerovac, 1990.).

Položaj osovinskog voda na brodu najčešće se zadaje dvjema točkama: jednom, na vanjskom izlazu otvora statvene cijevi i drugom, u strojarnici na odgovarajućoj visini porivnog stroja broda. Ove se točke određuju:

– kod prvog načina centriranja osovinskog voda pomoću dvije metalne vizirke (sl. 2a) i

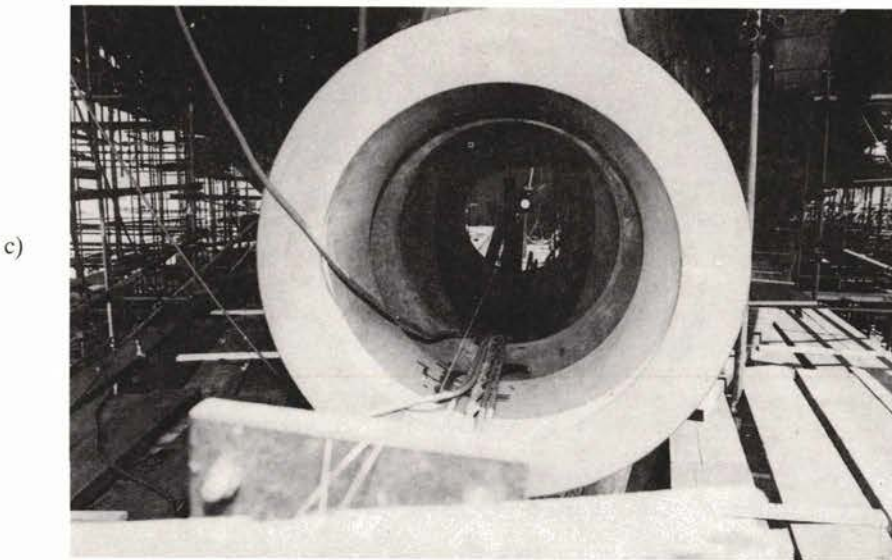
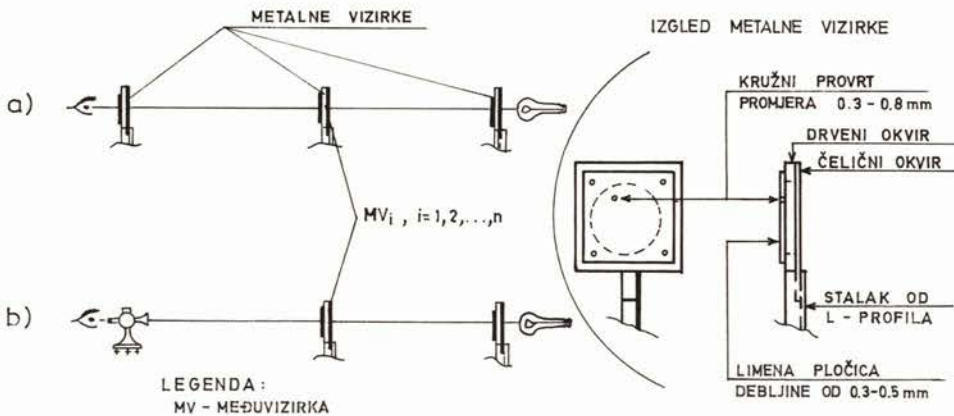
– kod drugog načina centriranja osovinskog voda pomoću jedne metalne vizirke i geodetskog instrumenta. Pritom se, ovisno o radnim uvjetima, metalna vizirka najčešće postavlja na vanjskom izlazu otvora statvene cijevi, a instrument u strojarnici broda (sl. 2b).

Nakon ovog, u odnosu na navedene krajnje točke osovinskog voda, ikolčavaju se međutočke predstavljene također metalnim vizirkama – međuvizirkama (sl. 2). Ovako određen položaj osovinskog voda ujedno određuje:

- položaj središta otvora prednjeg dijela statvene cijevi,
- položaj porivnog stroja u položajnom i visinskom smislu položaj vijaka temelja porivnog stroja i
- položaj temeljnih ležajeva osovinskog voda (Ozretić, 1978.).

U oba navedena načina centriranja osovinskog voda na brodu, kad je brod na navozu (prva faza centriranja), koristi se jaki realni izvor svjetlosti. Pritom se ovaj izvor svjetlosti, iz konstrukcijskih razloga, najčešće postavlja na udaljenosti od nekoliko centimetara iza jedne metalne vizirke u odnosu na mjesto promatranja (sl. 2a i 2b). Položaj osovinskog voda, tj. njegove osi na metalnim vizirkama,

određuju kružni provrti u limu vizirki. Debljina ovog lima najčešće je između 0,3 i 0,5 mm, dok je promjer provrta u njemu 0,3 i 0,8 mm.



Sl. 2: Centriranje osovinskog voda na brodu, kad je brod na navozu:
a) pomoću uskog svjetlosnog snopa, b) pomoću geodetskog instrumenta (Cerovac, 1987.)
i c) primjer centriranja osovinskog voda izvedenog pomoću geodetskog instrumenta (Brodogradilište Trogir).

2.1.1. Centriranje osovinskog voda i ogib svjetlosti

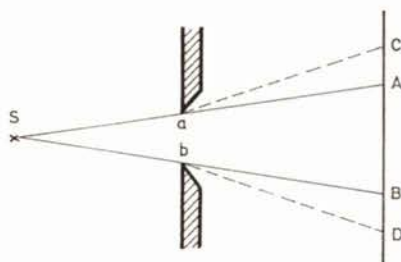
Pri centriranju osovinskog voda na brodu, kad je brod na navozu, u oba načina prikazana u radu (Cerovac, 1987.), kako je u poglavlju 2.1. navedeno, koristi se jaki realni izvor svjetlosti. Pritom se pretpostavlja pravocrtno širenje svjetlosti, a zanemaruje joj se valna priroda, tj. mogući utjecaj ogiba svjetlosti na

točnost centriranja osovinskog voda, odnosno postavljanja metalnih međuvizirki (sl. 2). Ovakav utjecaj ogiba svjetlosti na centriranje osovinskog voda na brodu, kad je brod na navozu, u razmatranjima provedenim u navedenom radu, uzet je kao nešto što je toliko očito da ga posebno ne treba obrazložiti. Međutim, ma kolik god ova tvrdnja i bez dokaza bila prihvatljiva, ipak se javlja potreba za njezinim obrazloženjem. Ovom u prilog ide i činjenica što se kod radova visoke točnosti provede detaljna razmatranja datih metoda mjerenja u koje, po valjanosti navedenoj u uvodnom dijelu ovog rada, sigurno spada i centriranje osovinskog voda na brodu. Tako se razmatranjima o centriranju osovinskog voda na brodu, odnosno postavljanju metalnih međuvizirki (sl. 2), kad je brod na navozu, provedena u radu (Cerovac, 1987.). pridodaju i ova provedena o ogibu svjetlosti.

Formalno, ogib se može definirati kao odstupanje od pravocrtnog širenja svjetlosnih valova kad naiđu na neprizorne prepreke ili otvore kojima su dimenzije usporedive s valnom duljinom svjetlosti. Za vidljive zrake svjetlosti valne duljine leže u području između $0,4 \cdot 10^{-6}$ m i $0,8 \cdot 10^{-6}$ m. O ovoj pojavi Božin (1984.) piše:

»Na primjer, ako se između točkastog izvora svjetlosti i zastora postavi neprozirna prepreka, na zastoru bi, prema geometrijskoj optici, trebalo da se dobije sjenka prepreke čije su ivice oštre i u kojoj svjetlost ne dopijeva. Eksperimenti su, međutim, pokazali da svjetlost dopijeva i u oblast geometrijske sjenke gdje se dobija niz svijetlih i tamnih pruga istog oblika kao i ivica prepreke. Jedan od razloga što se ovo obično ne zapaža je što većina svjetlosnih izvora ima konačne dimenzije. Pored toga bitne su i dimenzije prepreke, odnosno otvora: kada one nisu mnogo veće od valne duljine svjetlosti ogibne pojave postaju jače izrežene i mogu se zapaziti. U stvari ogib se događa uvijek kad svjetlost naiđe na otvor ili neprozirnu prepreku, ali se može jasno zapaziti ako dimenzije otvora (prepreke) D ispunjavaju uvjet $D \approx \sqrt{L \lambda_0}$, gdje je L razmak između otvora i zaklona (zastora prim. autora), a λ_0 valna duljina svjetlosti. Ako je $D > \sqrt{L \lambda_0}$ ogibni efekti se vrlo teško mogu zapaziti, te se može reći da su tada primjenjivi zakoni geometrijske optike, tj. da se valna priroda svjetlosti može ignorirati«. O istoj pojavi Ivanović i Vučić (1967.) pišu:

»Ako je otvor ab manji od oko 0,3 mm javlja se znatno odstupanje od pravocrtnog širenja svjetlosti, a na drugom zaklonu (zastoru, prim. autora) se javlja svjetlost i van naznačenog područja, recimo u točkama C i D (sl. 3, prim. autora)«.



S - točkasti izvor svjetlosti

Sl. 3. Ogib svjetlosti na uskom otvoru (Ivanović, Vučić, 1967.)

Razlikuju se dva osnovna tipa ogiba: Fresnelov i Franhoferov. ako su izvor svjetlosti i mjesto na kojem se promatra ogib u konačnoj udaljenosti od predmeta na kojem dolazi do ogiba, radi se o Fresnelovom ogibu, a ako su ove udaljenosti beskonačne, radi se o Fraunhoferovom ogibu (Lopašić i dr., 1987.; Milojević, 1970.; Saveljev, 1969.).

U promatranom primjeru, radi jednostavnosti njegove realizacije, izvor svjetlosti i mjesto na kojem se promatra ogib u odnosu na predmet na kojem dolazi do ogiba u praksi se redovno nalaze postavljeni u međusobnom odnosu pri kojem se javlja Fresnelov tip ogiba, pa se samo on promatra.

Ovakvi slučajevi ogiba mogu se razmatrati metodom zona. Kod ogiba na kružnom otvoru broj svijetlih i tamnih prstenova koji se vide i njihov položaj zavisi od broja zona smještenih na površini samog otvora pri datim uvjetima promatranja. Broj zona k na kružnom otvoru za točkasti izvor svjetlosti određuje se po formuli:

$$k = \frac{\varrho}{\lambda} \cdot \frac{\varrho(R + r_0)}{R \cdot r_0},$$

gdje je:

λ – valna duljina svjetlosti,

ϱ – radijus kružnog otvora,

R – udaljenost od izvora svjetlosti do neprozirne prepreke s kružnim otvorom

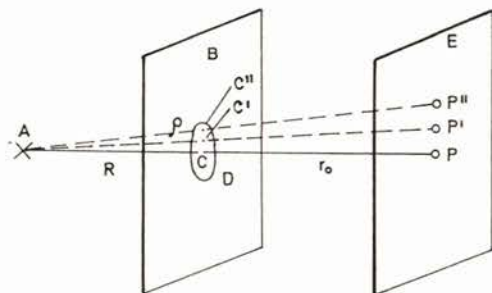
i

r_0 – udaljenost od neprozirne prepreke do zastora, mjesta promatranja (sl. 4), (Friš, Timorjeva, 1970.).

Primjer: Za $\varrho = 0,33$ cm, $R = 1$ cm, $r_0 = 1000$ cm (vidi poglavlje 2.1) i $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$ cm (zelenja svjetlost), bit će: $k \approx 18$.

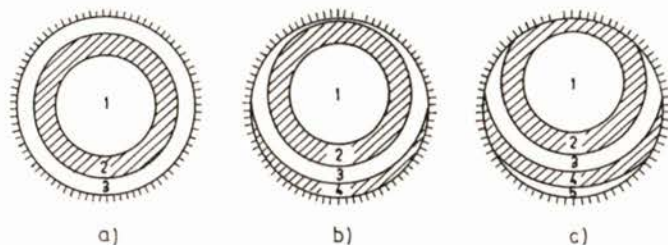
O broju zona smještenih na površini otvora i osvjetljenosti točke promatranja P (sl. 4). Friš i Timorjeva (1970.) pišu:

»Ako je na površini otvora smještena samo jedna centralna Fresnelova zona ili jedan njen dio, tada će se na ekranu E (zastoru, sl. 4, prim. autora) dobiti rasplinuta pjega oko koje se ne nalaze svijetli i tamni prstenovi. Ako je na površini otvora smješten veći broj Fresnelovih zona, onda je osvjetljenost u blizini točke P (sl. 4, prim. autora) praktično ravnomjerna, samo se na ivicama geometrijske sjenke može promatrati redanje vrlo uskih svijetlih i tamnih pruga.«



Sl. 4: Sheme promatranja ogiba na kružnom otvoru, gdje je: A – točkasti izvor svjetlosti, B – neprozirna prepreka s kružnim otvorom D, s centrom u C i zastorom E na kojem se promatra osvjetljenost (Friš, Timorjeva, 1970., dopunio autor)

Utjecaj ovih zona na zastoru E u točkama P, P' i P'' (sl. 5) neće biti određen samo njihovim brojem, nego i time koji će dio svake zone biti nezaklonjen.



Sl. 5: Ogibna slika s brojem zona, ovisno o točki promatranja, npr.: za primjer prikazan na sl. 4: a) u točki P b) u točki P' i c) u točki P'' (Saveljev, 1969., opisao autor).

U navedenim razmatranjima pretpostavljen je točkasti izvor svjetlosti. O izvoru svjetlosti i ogibu Friš i Timorjeva (1970.) pišu:

»Međutim svaki realni izvor ima dimenzije. U tom slučaju treba da pretpostavimo da smo ga podijelili na točkaste izvore, od kojih će svaki dati svoju ogibnu sliku. Ove ogibne slike bit će pomaknute jedna u odnosu na drugu. Dimenzije izvora treba da budu toliko male da se tamne i svijetle pruge koje daju pojedine točke izvora ne preklapaju, jer bi to dovelo do potpunog rasplinjavanja slike«.

Realni izvor svjetlosti predstavlja zapravo složenu svjetlost. O složenoj svjetlosti i ogibu Ivanović i Vučić (1967.) pišu:

»S bijelom složenom svjetlošću opisani efekti ogiba će biti vrlo slabo izraženi, jer veličina Fresnelovih zona zavisi od valne duljine, te će zone za razne valne duljine imati različite dimenzije, što vodi ka preklapanju opisanih ogibnih efekata, a dolazi i do pojave komplementarnih boja, što ne dozvoljava pojavu ogiba u izrazitom obliku. Nasuprot tome strogo monokromatska laserska svjetlost pokazuje mnogo jasnije formirane efekte«.

Kod ovih razmatranja treba navesti i da ogibni učinci u izvjesnoj mjeri ovise i o prirodi materijala prepreke. Međutim, ako su dimenzije prepreke dovoljno veće od valne duljine svjetlosti, kao što je to uvijek slučaj s kružnim provrtima u limu metalnih vizirki u promatranom primjeru, ovi se učinci mogu zanemariti (Friš, Timorjeva, 1970., Landsberg, 1967., Milojević, 1970.).

Osim toga, ako rubovi otvora nisu dobro obrađeni i uglačani, bez neravnina i klinastih izbočina, kao što je to u većoj ili manjoj mjeri također slučaj s kružnim provrtima u limu metalnih vizirki u promatranom primjeru, osnovna ogibna slika se deformira, jer se navedene nepravilnosti obrade otvora javljaju kao centri dodatnih ogibnih pojava (Landsberg, 1967., Milojević, 1970.).

Radi upotpunjenja ovih razmatranja, navodi se kako se u teorijskim razmatranjima o ogibu svjetlosti pretpostavlja da je prepreka idealno provodljiva, beskonačno tanka s idealno oštrim ivicama, što je kod stvarne prepreke neostvarivo (Landsberg, 1967.).

Zbog navedenih svojstava valne prirode svjetlosti, ogib se u mnogim slučajevima zanemaruje, a širenje svjetlosti smatra pravocrtnim (Inženjerski priručnik, 1970.). Ovako je postupljeno i u razmatranjima o centriranju osovinskog voda na brodu, odnosno postavljanju metalnih međuvizirki (sl. 2), kad je brod na navozu,

provedenim u radu (Cerovac, 1987.). Pritom se realni izvor svjetlosti i bez posebnih priprema, samo uz malo pažnje, postavlja u pravac osovinskog voda, određen jednim od dva načina prikazana u navedenom radu. Iz razmatranja u ovom radu vidi se kako je ovakvo centriranje realnog izvora svjetlosti dovoljno točno da se po promatranoj osnovi ostvari potrebna točnost centriranja osovinskog voda.

2.1.2. O tolerancijama centriranja osovinskog voda

Ovakva razmatranja nepotpuna su bez prikaza valjanih tolerancija, ali u nedostatku propisanih, navodi se što o ovom pitanju piše Roje (1959.), makar to bilo samo opisno:

»Centriranje osovinskog voda na navozu ili doku provodi se u tolerancijama, koje razrađuje tehnološki odjel, a u dogovoru s vlasnikom broda. Te tolerancije na centriranje treba da budu takve, da poslije spuštanja broda u vodu, centraža bude u dopuštenim veličinama«.

Prema ovom, može se navesti da su rezultati centriranja osovinskog voda na brodu, kad je brod na navozu (prva faza centriranja), jednim od dvaju načina centriranja prikazanim u radu (Cerovac, 1987.), u svim dosadašnjim primjerima bili u zahtjevnim granicama.

3. ZAKLJUČAK

Na temelju ovih razmatranja i iskustvenih podataka može se zaključiti sljedeće: kad se osovinski vod na brodu, dok je brod na navozu, centrira jednim od dvaju načina prikazana u radu (Cerovac, 1987.), može se zanemariti valna priroda svjetlosti odnosno ogib svjetlosti, kao što se u praksi i postupa.

LITERATURA:

- Božin, S. E. (1984.): Elektromagnetizam i optika, Univerzitet u Beogradu.
Brodogradilište Trogir: Fotodokumentacija brodogradilišta Trogir, Trogir.
Cerovac, P. (1987.): Prilog definiranju položaja pravca pomoću vizirki, odnosno pomoću tanke čelične žice, OMO – Održavanje mašina i opreme, 5, 301–303.
Cerovac, P. (1990.): Prilog istraživanju geodetskih metoda mjerenja pri gradnji plutajućih dokova izuzetno velikih dimenzija, Geodetski list, 10–12, 329–342.
Friš, S. E.; Timorjeva, A. V. (1970.): Kurs opšte fizike, Knjiga III, Optika i atomska fizika, prijevod s ruskog, Beograd.
Gugić, D. (1970.): Metoda centriranja osovinskog voda prema rekacijama u ležištima, Brodogradnja, 3, 149–154.
Inženjersko tehnički priručnik (1970.): Optika, Inženjersko tehnički priručnik – Druga knjiga, prijevod s ruskog, Beograd.
Ivanović, D. M.; Vučić, V. M. (1967.): Fizika II, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
Landsberg, G. S. (1967.): Optika, Naučna knjiga, Beograd.
Lopašić, V.; Kos, V.; Henić-Bartolić, V. (1987.): Mjere i mjerenja u fizici, Elektrotehnički fakultet u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
Milojević, A. B. (1970.): Talasna optika, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
Ozretić, v. (1978.): Brodski pomoćni strojevi i uređaji, Riječka tiskara, Rijeka.
Roje, M. (1959.): Centriranje i kontrola centraže osovinskih vodova na brodovima, Brodogradnja, 2, 41–52.
Saveljev, I. V. (1969.): Opšta fizika III–1, Optika, prijevod s ruskog, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.

CENTERING THE LINE OF SHAFTING ON A SHIP AT BERTH BY
MEANS OF A NARROW LIGHT BEAM

The paper deals with different methods of centering the line of shafting by means of narrow light beam on the ship when the ship is at berth. According to the presented considerations the diffraction light can be neglected.

Primljeno: 1994-07-01