

Dr. sc. **Maksim Klarin**
Pomorska škola Zadar
Dr. sc. **Pavao Komadina**
Pomorski fakultet Rijeka

Vidljivost sa zapovjedničkog mosta

Sažetak

Slijepi sektor ispred pramca broda u plovidbi, bilo s teretom ili u balastu, može iznositi najviše 500 metara ili dvije dužine broda, ovisno o tomu koja je vrijednost manja. Predmet istraživanja u ovom radu su matematički modeli kojima se može odrediti veličina tog sektora, a primjenjeni su na tankere. Ovi proračuni mogu se koristiti kako bi se dokazalo da tanker u plovidbi zadovoljava zahtjeve Pravila 22 petog poglavlja SOLAS-a (Sigurnost plovidbe) što je vrlo značajan čimbenik sigurnosti pri plovidbi tankera..

Ključne riječi: vidljivost, slijepi sektor, zapovjednički most, uron propelera, najmanji gaz

1. Uvod

U cilju zaštite morskih ekosustava od kontaminacije balastnim vodama, kao jednu od metoda IMO je predložio izmjenu balasta na otvorenom moru. Ključna je pretpostavka rebalastiranja da organizmi koje sadrži balastna voda, ukrcana u obalnom moru, neće preživjeti na otvorenom moru, odnosno da organizmi koje sadrži izmijenjena balastna voda neće preživjeti u obalnom moru u koji će se balastna voda iskrcati. Iz toga proizlazi da svaka izmjena balastne vode mora biti obavljena u uvjetima plovidbe otvorenim morem kad je brod izložen najvećim opasnostima koje proizlaze iz plovidbe.

Uprave pojedinih država, i prije stupanja na snagu odredbi *Međunarodne konvencije za nadzor i upravljanje brodom balastnom vodom i sedimentima*, uvele su obvezu rebalastiranja, s namjerom da se umanje investicijska izdvajanja za ugradnju opreme za zbrinjavanje, posebno iz razloga što većina postojećih brodova svjetske flote nije konstrukcijski prilagođena specifičnim uvjetima tretmana balastnih voda bez rebalastiranja. Takav je pristup, međutim, izazvao poteškoće u smislu negativnog utjecaja rebalastiranja na sigurnost plovidbe, budući da postojeći brodovi svojim karakteristikama nisu prilagođeni plovidbama otvorenim morem bez balasta, pa izmjena balasta u toku plovidbi može imati nepoželjne posljedice za strukturne elemente brodske konstrukcije.

Sigurnost plovidbe može se definirati s tri aspekta: aspekta klasifikacijskih društava, aspekta zakonskih i upravno-pravnih sigurnosnih odredaba i aspekata operativnih i upravljačkih svojstava broda.

S aspekta klasifikacijskih društava, sigurnost plovidbe osigurava uzdužna čvrstoća broda (dopušteni moment savijanja u mirnoj vodi, smične sile u mirnoj vodi i torzijski momenti).

S aspekta zakonskih i upravno-pravnih sigurnosnih odredbi, sigurnost plovidbe osiguravaju: početna stabilnost broda (promjena metacentarske visine) i vidljivost sa zapovjedničkog mosta (površina mora koja je zaklonjena brodskom konstrukcijom).

S aspekta operativnih i upravljačkih svojstava broda, sigurnost plovidbe osiguravaju odgovarajući najmanji gaz na pramcu te odgovarajući uron propelera i, s time u vezi, manevarska svojstva broda.

Vidljivost sa zapovjedničkog mosta, najmanji gaz na pramcu i uron propelera (najmanji gaz na krmu) u međusobnoj su ovisnosti pa se zbog toga mogu promatrati i kao jedinstven element sigurnosti.

2. Pravni aspekt

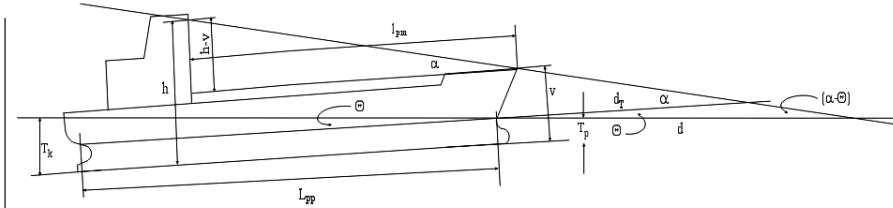
Najveća udaljenost slijepog sektora ispred pramca određena je Pravilom 22 (*Navigation bridge visibility*) SOLAS poglavlja V. Po tom pravilu svaki brod, dužine 45 metara ili više, a koji je izgrađen 7. rujna 1990. ili nakon tog roka, pod teretom ili u balastu, s osmatračkog položaja na zapovjedničkom mostu ne smije imati ispred pramca slijepi sektor koji je duži od dvije dužine broda ili 500 metara, ovisno o tomu koja je veličina manja.

Veličina slijepog sektora ispred pramca broda u plovidbi značajan je samo za brodove čiji je most smješten na krmu. Za one brodove, kojima je most smješten bliže sredini ili pramcu, slijepi sektor redovito je manji od propisanih 500 metara ili dvije dužine broda.

U praksi se ograničenja najviše odnose na velike tankere kad plove u balastu. Zbog toga je za analizu izabrano 13 tankera različitih veličina: product tanker s jednostrukom oplatom, dvostrukim dnom s balastnim tankovima, od kojih su tri s uzdužnom pregradom, a tri bez i dva bočna balastna tanka, nosivost 40.455 dwt; product tanker s jednostrukom oplatom, dvostrukim dnom, jednom uzdužnom pregradom i četiri bočna tanka nosivosti 45.222 dwt; dva crude carrier nosivosti oko 82.000 dwt bez dvostrukog dna i s jednostrukom oplatom te s bočnim tankovima; dva crude carrier nosivosti 87.000 dwt bez dvostrukog dna, s jednostrukom oplatom i bočnim tankovima; dva A.F.R.A.Max tankera s dvostrukim oplatom, tri balastna tanka L tipa i tri U tipa te dva izdvojena bočna tanka i dva izdvojena tanka dvodna, nosivosti 101.605 dwt; jedan A.F.R.A.Max tanker s dvostrukom oplatom i tankovima tipa L nosivosti 99.981 dwt; dva suezmax tankera s tankovima L tipa nosivosti 166.739 dwt i dva VLCC tankera s tankovima tipa L nosivosti 300.667 dwt.

3. Matematički modeli

Veličina slijepog sektora ispred pramca tankera u plovidbi može se odrediti izvođeći obrasce prema slici:



Slika 1. Vidljivost sa zapovjedničkog mosta

Oznake na slici imaju sljedeće značenje:

h = udaljenost od kobilice do oka opažača na mostu,

v = udaljenost od kobilice do najviše točke pramca,

l_{pm} = udaljenost od oka opažača do najviše točke pramca,

T = gaz broda na ravnoj kobilici

T_p = gaz na pramcu

T_k = gaz na krmi

d = udaljenost slijepog sektora ispred pramca

Iz slike, za vrijednost slijepog sektora d_T (za brod na ravnoj kobilici):

$$d_T : l_{pm} = (v - T) : (h - v) \quad (1)$$

$$d_T = \frac{l_{pm} (v - T)}{(h - v)} \quad (2)$$

Za zatežan ili pretežan brod:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h - v}{l_{pm}} \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{T_k - T_p}{L_{pp}} \quad (4)$$

Za male kutove uzdužnog nagiba broda kakvi se javljaju u praksi vrijednost $(v - T_p)$ neznatno se razlikuje od visine pramca iznad vode kada brod ima određeni trim.

Ako se prihvati ova pretpostavka vrijednost slijepog sektora d (za zatežan ili pretežan brod) može se odrediti prema sljedećem izrazu:

$$d = \frac{v - T_p}{\operatorname{tg} (\alpha - \Phi)} \quad (5)$$

Za tankere kojima je zapovjednički most smješten na krmi kut α uvijek je manji od 10° , a kut zatege ili pretege Φ uvijek je manji od 5° , pa se neće napraviti prevelika pogreška¹ ako se tangensi kutova zamijene sa: $\text{tg } \alpha = \alpha \text{ tg } 1^\circ$, $\text{tg } \Phi = \Phi \text{ tg } 1^\circ$, $\text{tg } (\alpha - \Phi) = (\alpha - \Phi) \text{ tg } 1^\circ$, a $\text{tg } 1^\circ$ može se pisati kao konstanta k . U tom se slučaju navedeni izrazi pretvaraju u:

$$\alpha = \frac{h - v}{l_{pm} k} \quad (6)$$

$$\Phi = \frac{T_k - T_p}{L_{pp} k} \quad (7)$$

$$d = \frac{v - T_p}{(\alpha - \Phi) k} \quad (8)$$

Vrijednost slijepog sektora tada se može odrediti iz:

$$d = \frac{v - T_p}{k \left(\frac{h - v}{l_{pm} k} - \frac{T_k - T_p}{L_{pp} k} \right)} = \frac{v - T_p}{\frac{h - v}{l_{pm}} - \frac{T_k - T_p}{L_{pp}}} \quad (9)$$

$$d = \frac{v - T_p}{\frac{L_{pp}(h - v) - l_{pm}(T_k - T_p)}{l_{pm} L_{pp}}} \quad (10)$$

$$d = \frac{l_{pm} L_{pp} (v - T_p)}{L_{pp}(h - v) - l_{pm}(T_k - T_p)} \quad (11)$$

Veličina slijepog sektora može se kontrolirati računom trima ($T_k - T_p$). Iz navedenih izraza:

$$\frac{1}{d} = \frac{L_{pp}(h - v) - l_{pm}(T_k - T_p)}{l_{pm} L_{pp} (v - T_p)} \quad (12)$$

¹ Za α ili $\Phi = 10^\circ$ pogreška je 1%.

$$\frac{l_{pm} L_{pp} (v - T_p)}{d} = L_{pp} (h - v) - l_{pm} (T_k - T_p) \quad (13)$$

$$l_{pm} (T_k - T_p) = L_{pp} (h - v) - \frac{l_{pm} L_{pp}}{d} (v - T_p) \quad (14)$$

Iz toga se može odrediti vrijednost trima:

$$T_k - T_p = \frac{L_{pp}}{l_{pm}} (h - v) - \frac{L_{pp}}{d} (v - T_p) \quad (15)$$

S obzirom da d za brodove koji su kraći od 250 m ne smije biti veći od dvostruke dužine broda ($2L$), a 500 m za brodove koji su duži od 250 m, za granične uvjete razlika gazova na pramcu i na krmi može biti najviše:

$$T_k - T_p = \frac{L_{pp}}{l_{pm}} (h - v) - \frac{L_{pp}}{2L} (v - T_p) \quad (\text{za brodove dužine do 250m}) \quad (16)$$

$$T_k - T_p = \frac{L_{pp}}{l_{pm}} (h - v) - \frac{L_{pp}}{500} (v - T_p) \quad (\text{za brodove dužine iznad 250m}) \quad (17)$$

S obzirom da su dužina broda između okomica (L_{pp}), udaljenost od kobilice do mosta (h), udaljenost od kobilice do najviše točke pramca (v) i udaljenost od zapovjedničkog mosta do najviše točke pramca (l_{pm}) konstrukcijski elementi broda, vrijednost $[\frac{L_{pp}(h-v)}{l_{pm}}]$ predstavlja konstantu (k_1) specifičnu za svaki brod, te ako se vrijednost $(\frac{L_{pp}}{2L})$ zamijeni s vrijednošću (k_2), odnosno $(\frac{L_{pp}}{500})$ vrijednošću (k_3) najveći gaz na krmi može se odrediti iz:

$$T_k = T_p + k_1 - k_2 (v - T_p) \quad (\text{za brodove dužine do 250 m}) \quad (18)$$

$$T_k = T_p + k_1 - k_3 (v - T_p) \quad (\text{za brodove dužine iznad 250 m}) \quad (19)$$

Osim propisanog standarda o veličini slijepog sektora ispred pramca Konvencija SOLAS Pravilom 22/V određene su i zone vidljivosti u lukovima horizonta. Te vrijednosti ovisne su o konstrukcijskim rješenjima trupa i nadgrađa te, o rasporedu palubnog tereta. Utjecaj palubnog tereta na sektor vidljivosti je za tankere bezpredmetan. Problematika ovih ograničenja ne razmatra se u ovom radu.

4. Uron propelera i najmanji gaz na pramcu

Na problem uronuća propelera u vrijeme dok traje izmjena balasta sekvencijalnom metodom upozorio je IMO cirkularom MSC /Circ. 1145 od 13. prosinca 2004. (*Precautionary Advice to Masters When Undertaking Ballast Water Exchange Operations*), ne određujući standarde uronuća propelera. Minimalna uronjenost broskog vijka za brod na ravnoj kobilici iznosi 90 % promjera (10 % promjera može biti izvan mora) jer se procjenjuje da će u toku vožnje zbog stvaranja valnog brijega na krmi vijak potpuno uroniti što omogućava postizanje eksploatacijske brzine, ali je, ipak, mnogo poželjnije potpuno uroniti vijak u svim uvjetima. U praksi, brod u balastu uvijek plovi s određenom zategom, ne samo zbog uronuća vijka nego i zbog lakšeg posušivanja tankova pri pranju (striping), ali tijekom izmjene balasta sekvencijalnom metodom može se dogoditi da se trim broda promijeni u tolikoj mjeri da dio propelera izroni iz vode. Osim utjecaja na brzinu, to se manifestira i smanjenim manevarskim osobinama, posebno poteškoćama pri održavanju kursa plovidbe.

Najmanji gaz na pramcu važan je zbog mogućnosti pojave slamminga, to jest pojave udaranja valova u brodsko dno na pramčanom dijelu i time uzrokovanih vibracija.

Ako nije određen najmanji gaz broda na pramcu, on se može odrediti kao funkcija dužine broda. U studiji Lloyd Registera² u tu se svrhu koristio se izraz:

$$T_{\min} = 0,045 L \quad [m] \quad (20)$$

Izraz (20) primjereniji je brodovima s nadgrađima u sredini ili bliže pramcu. Za tankere čija su nadgrađa i strojevi smješteni na krmi primjerenije je pramčani gaz odrediti iz izraza za najmanji gaz³ i najveći dozvoljeni zatežan trim broda:

$$T_{\min} = 0,02 L_{pp} + 2,0 \quad [m] \quad (21)$$

$$\text{trim} \leq 0,015 L \quad [m] \quad (22)$$

U izrazima T_{\min} predstavlja najmanji gaz, L dužinu broda preko svega a L_{pp} dužinu broda između okomica.

² Karaminas, L.: *An Investigation of Ballast Water Management Methods with Particular Emphasis on the Risk of the Sequential Method*, Lloyd's Register of Shipping, London, 2000.

³ Konvencija MARPOL, Consolidated edition, International Maritime Organization - IMO, London, 2002., str. 67.

5. Rezultati za analizirane brodove

U praksi, tanker tijekom plovidbe otvorenim morem u balastu mora, uz ostale standarde sigurnosti, zadovoljiti i sljedeće kriterije sigurnosti plovidbe:

- najmanje 90 postotni uron propelera zbog manevarskih svojstava i brzine,
- najmanji uron pramca prema izrazima (21) zbog izbjegavanja pojave slaminga,
- gaz na krmu u odnosu na određeni gaz na pramcu prema izrazima (18) ili (19).

Simulacija različitih načina plovidbe i izmjene balasta na ukupno 13 tankera različitih veličina i tipova izvedena je uz korištenje programa LoadSafe 3, LoadSafe 4, *Consultas i Load Com For Mes*.

Uzimajući u obzir sve uvjete plovidbe (teški balast sa 100%, 50% i 10% zaliha, laki balast sa 100%, 50% i 10% zaliha i sve kombinacije izmjene balasta na otvorenom moru (sekvencijalna, sekvencijalno-protočna i dijagonalna sekvencijalna metoda), analiza je dala sljedeće rezultate:

- u procesu izmjena lakog balasta sekvencijalnom metodom slijepi sektor kod svih brodova, osim product tankera, u jednom je trenutku prevelik i nije u skladu s odredbama SOLAS-a,
- najmanji gazovi na pramcu manji su od zadanih vrijednosti kod rebalastiranja sekvencijalnom metodom svih tankera, osim VLCC, kod kojih u svim slučajevima, osim jednog, udovoljavaju zadane vrijednosti,
- u većini slučajeva, kod izmjene lakog balasta sekvencijalnom metodom, uronuće propelera nije dovoljno što može izazvati znatni gubitak manevarskih svojstava, otežano držanje kursa plovidbe, gubitak brzine i pojavu krmenog slaminga.

Istraživani elementi sigurnosti tijekom rebalastiranja mijenjaju se različito za svaki tip i veličinu tankera, ali se iz rezultata mogu donijeti sljedeći zaključci:

1. Plovidba svih tankera s lakim ili teškim balastom, s punim i djelomičnim snabdijevanjem ili bez njega zadovoljava kriterije sigurnosti.
2. Izmjena balasta na otvorenom moru samo sekvencijalnom metodom nije primjerena za tankere veće od A.F.R.A.Max tipa, za sve vrste tankera koji nemaju uzdužnih pregrada, a nepouzdana je i za ostale vrste tankera.
3. Izmjena balasta na otvorenom moru dijagonalnom metodom nije primjerena za tankere veće od klase A.F.R.A.Max. Iznimno, može se koristiti rebalastiranje nezastopnih sekcija tankova smještenih na prednjoj polovici broda. Za brodove manje od klase A.F.R.A.Max može se koristiti dijagonalna metoda izmjene balasta.
4. Izmjena balasta na otvorenom moru kombinacijama sekvencijalne i protočne metode primjenjiva je na svim tipovima tankera, ali je potrebno prethodno planom rebalastiranja unaprijed odrediti tankove koji se ne smiju rebalastirati sekvencijalnom metodom.

6. Zaključak

U članku su istraženi negativni utjecaji izmjene balasta sekvencijalnom metodom na otvorenom moru na neke elemente sigurnosti tankera. Analizirani su utjecaji na sektor vidljivosti sa zapovjedničkog mosta, uronuce propelera te najmanji gaz na pramcu za različite uvjete plovidbe i različite kombinacije izmjene balasta. U svrhu analize izabrano je ukupno trinaest brodova različitih veličina i tipova, a za analizu su se koristili računalni programi kojima raspoložu spomenuti brodovi. Izveden je matematički postupak izračuna vidljivog sektora ispred pramca tankera u plovidbi.

Analizom je dokazano da postupak izmjene balasta na otvorenom moru sekvencijalnom metodom ugrožava sigurnost plovidbe. Tim postupkom se samo u određenim okolnostima mogu koristiti brodovi čija je veličina manja od A.F.R.A.Max tipa i brodovi koji imaju najmanje jednu uzdužnu pregradu pod uvjetom da se izmjena balasta obavlja u tankovima koji nisu smješteni na istim ili susjednim sekcijama, pri čemu je nužno unaprijed odrediti nepoželjne utjecaje.

Literatura

1. Karaminas, L.: *An Investigation of Ballast Water Management Methods with Particular Emphasis on the Risk of the Sequential Method*, Lloyd's Register of Shipping, London, 2000.
2. Klarin, M.: *Prilog istraživanju zbrinjavanja balastnih voda tankera*, doktorska disertacija, Rijeka 2006.
3. Komadina, P.: *Optimizacija veličine tankera*, Zbornik radova Pomorskog fakulteta, str. 133 – 147, Rijeka 1992.
4. Komadina, P.: *Tankeri*, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka 1994.
5. Komadina, P.: *Utjecaj promjena varijabli modela optimalnih veličina tankera*, Pomorski zbornik 30 (1992.), str. 361 – 380, Rijeka 1993.
6. Oemcke, D.: *The Treatment of Ships' Ballast Water*, School of Engineering, James Cook University, Townsville, 1999.
7. Radan, D., Lovrić, J.: *Prijedlozi provedbe nadzora izmjene balastnih voda na tankerima*, XVI Symposium SORTA, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2004.
8. Konvencija SOLAS 74/78, Consolidated Edition, International Maritime Organization - IMO, London, 2001.
9. Konvencija MARPOL 73/78, Consolidated Edition, International Maritime Organization - IMO, London, 2002.

Maksim Klarin, Pavao Komadina

Navigation bridge visibility

Summary

The field of vision from the navigation bridge of the tanker, whether is in a laden or unladen condition, must be such that the view of the sea surface is not obscured forward of the bow by more than two ship lengths or 500 meters of the vessel.

The purpose of this work is to present mathematical models that indicate how to calculate that sector. Those data can be used for satisfy the order of Regulation 22 of SOLAS Chapter V (Safety of navigation) and determining this important factor of tankers safety.

Key words: *visibility, blind sector, commanding bridge, propeller immersion, minimum draught*

Visibilità dalla plancia

Sommario

Il campo visivo dalla plancia di una nave cisterna, sia essa carica o scarica, deve essere tale che lo specchio di mare a proravia sia visibile dal posto di governo per una distanza di 500 metri a dritto di prua o per due lunghezze della nave, con possibilità di scelta dell'entità minore.

Scopo del lavoro è l'elaborazione di modelli matematici che permettono il calcolo del settore cieco a proravia. I dati ottenuti possono venir utilizzati dalle navi cisterna in navigazione ed essere d'ausilio nel determinare questo importante fattore di sicurezza della navigazione ottemperando così alle disposizioni del Regolamento 22 della convenzione SOLAS, Capitolo V (sicurezza della navigazione).

Parole chiave: visibilità, settore cieco a proravia, plancia, immersione dell'elica, pescaggio minimo.

