

USLOVI KORIŠĆENJA PLOVNIH DIZALICA ZA DIZANJE POTONULIH OBJEKATA NA UNUTRAŠNJIM PLOVNIM PUTEVIMA

Radojević M. *Slobodan*,
Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

DOI: 10.2298/vojtehg1202139R

OBLAST: mašinstvo, transportni uređaji
VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

U radu se prikazuju uslovi korišćenja plovni dizalica za dizanje potonulih plovni i drugih objekata na unutrašnjim plovnim putevima. Prikazani su osnovni načini podizanja plovnim dizalicama i osnovni tehnički podaci sa proračunskim pojedinostima za predložen postupak dizanja. Ukazano je na značaj dizanja potonulih objekata i njihovog uklanjanja iz unutrašnjih plovni puteva u Republici Srbiji.

Ključne reči: unutrašnji plovni put, dizanje potonulih plovni objekata, plutajuće dizalice, stabilnost broda.

Uvod

Zbog opšteg privrednog značaja i ekonomske isplativosti, razvoj unutrašnjih plovni puteva i vodnog saobraćaja postao je trend u Evropi, a samim tim i u Republici Srbiji kroz koju protiču tri međunarodne plovne reke. U narednih 20 godina rečni saobraćaj kod nas povećaće se čak četiri puta, odnosno na plovnim putevima Srbije trebalo bi da se realizuje 30 odsto ukupnog saobraćaja. Poslednjih godina porasle su obaveze i pritisci međunarodnih institucija za standardizaciju uslova plovidbe na unutrašnjim plovnim putevima kroz našu zemlju [1].

Potonuli objekti, kao što su brodovi (slika 1), delovi porušenih mostova i drugi, predstavljaju grupu smetnji koje ugrožavaju plovidbu i predstavljaju potencijalnu opasnost za prirodnu sredinu [2]. Potopljeni objekti utiču na smanjenje širine i dubine plovni puta, usled čega može doći do preki-da plovidbe. Oni veoma ozbiljno ugrožavaju sigurnost plovidbe, zbog čega se njihovom uklanjanju treba pristupiti ozbiljno i temeljno. Na delu Dunava, od mađarske granice (plovni km 1433) do bugarske granice (plovni km 845), u dužini od 588 kilometara potopljeno je preko 500 plovila, ne računajući 130 potopljenih brodova Crnomorske flote i nemačke rečne ratne flotile iz-

među Kusjaka i Prahova. Zbog potopljenih plovila, između Kusjaka i Prahova, plovni put je u dužini od šest kilometara sužen na svega 50 metara i znatno otežava saobraćaj brodova. U poslednjih nekoliko godina bilo je mnogo najava za početak dizanja potopljenih nemačkih plovila iz Drugog svetskog rata. Prema projektu Evropske agencije za rekonstrukciju, u okviru Master plana razvoja plovnih puteva Srbije do 2025. godine, za dizanje 12 potopljenih plovila potrebno je 12 miliona evra.



Slika 1 – Olupine Nemačke rečne ratne flotilla između Kusjaka i Prahova
Figure 1 – Wreck of a German river war fleet between Kusjak and Prahovo

Dizanje, odnosno uklanjanje potonulih objekata, predstavlja složen postupak koji obuhvata precizno lociranje i obeležavanje, zahvatanje, podizanje i uklanjanje potonulog objekta iz plovnog puta.

Potonuli objekti, koji nisu vidljivi na površini vode, otkrivaju se pomoću ehosondera, magnetometara, elastičnih ili krutih ramova, čaklji, graduisanih letvi i sličnog pribora uz angažovanje ronioca, uz primenu savremenih informacionih dostignuća za ažuriranje stanja plovnog puta [3].

Za podizanje potonulih objekata koriste se plovne dizalice, pontoni za podizanje, kompresori i čamci, a od opreme: lanci, čelična užad, kuke različitih veličina itd. U pojedinim slučajevima mogu se koristiti vodeni ejektorji za oslobađanje potonulih objekata od nanosa. U svim težim slučajevima angažuju se ronioni. U zavisnosti od konkretnih okolnosti (karakteristike potonulog objekta, opremljenosti ekipe...), dizanje se vrši pomoću dizalica ili pontona, zatim izvlačenjem na obalu pomoću vitala i slično.

Karakter pomoračkih radova pri dizanju potonulih brodova pre svega zavisi od načina na koji se oni dižu. Postoje dva osnovna načina dizanja potonulih brodova: uspostavljanjem plovnosti (uzgona) potonulog broda i

dizanje broda dejstvom spoljnih sila. Prvi način dizanja odnosi se na dizanje broda ispumpavanjem potopljenih odseka i njihovo produvanje komprimovanim vazduhom.

Drugi način dizanja postiže se dejstvom spoljnih sila na potonuli brod. Tu se podrazumeva upotreba različitih plovnih sredstava, na primer cilindara, splavova ili plovnih dizalica, dizalica-kosnika, teških koloturnika sa vitlima, vijaka za dizanje brodova itd. Potonuli brodovi se najčešće dižu pomoću plovnih dizalica. Ponekad više plovnih dizalica učestvuje istovremeno na dizanju jednog potonulog broda. Dizanje potonulih brodova na klasičan način pomoću cilindara ili pontona se sve manje primenjuje, jer dugo traje, zahteva dužu pripremu i zavisi od stanja vode (talasa i vodostaja) i od vremenskih prilika.

Rad prikazuje uslove korišćenja plovnih dizalica na unutrašnjim plovniim putevima sa proračunskim pojedinostima za stabilitet. U prvom delu rada obrađene su opšte karakteristike plovnih dizalica, dok se u drugom delu rada razmatraju kriterijumi stabiliteta za različita stanja dizanja potonulih objekata. Rad pruža teorijske i praktične osnove uslova za korišćenje plovnih dizalica za dizanje potonulih objekata koje mogu iskoristiti odgovorne organizacije i rečne jedinice koje će se ovim poslovima baviti.

Plovne dizalice

Plovna dizalica je vrsta plovnog objekta za podizanje i premeštanje tereta. Plovne dizalice su plovni objekti sa vlastitim pogonom ili bez njega, sa ugrađenom dizalicom i neograničenim radijusom kretanja. Služe za dizanje potonulih plovnih objekata i pri građenju u i na vodi. Plovne dizalice mogu biti raznih konstrukcija i obično su sa nepokretnim stubom i pokretnim krakom. Najčešće konstrukcije plovnih dizalica su električnog pogona sa sopstvenom centralom na pontonu koja daje i energiju za kretanje pontona i pumpe koje uravnotežuju ponton u zavisnosti od veličine tereta [4]. Opremaju se različitim tipovima zahvatnih organa kao što su grajfer – grabilica, kuka, „klešta“, a mogu biti opremljene uređajima za gašenje požara, spasavanje plovila od potonuća usled prodora vode i za obavljanje sličnih zadataka. Nosivost dizalice određuje se pomoću jednačine:

$$W > G_0 + G_1 + G_2 \quad (1)$$

gde su: W – potrebni deplasman dizalice, G_0 – bruto težina dizalice, G_1 – bruto težina objekta koji se podiže sa dna i G_2 – sila odvajanja potonulog objekta od rečnog nanosa.

Sve plovne dizalice imaju svoje dozvoljeno radno opterećenje (engl. Safe Working Load – SWL) koje se ne sme prekoračiti, a predstavlja krajnju nosivost dizalice. Savremene plovne dizalice često se primenjuju u lukama gde se koriste za krcanje teških generalnih i rasutih tereta [5].

Plovne dizalice mogu biti okretne sa strelom ili mosne dizalice. Okretne dizalice sastoje se od pontona na kojem je smešteno postolje dizalice sa strelom. Strela je promenljivog dohvata i može se okretati za 360° oko vertikalne ose. Maksimalna težina tereta koji se podiže zavisi od nagiba strele, najveća je kada je strela u vertikalnom položaju i opada kada se spušta.

Naša najsavremenija dizalica na unutrašnjim plovnim putevima je samohodna plovna dizalica 500/50 kN i u fazi opremanja (slika 2). Nalazi se u sastavu plovne jedinice Rečne flotile, a građena je u brodogradilištu "Beograd" u Beogradu. Projektovana je kao dvopropelerni jednopalubni brod sa pontonskom formom trupa i okretnom dizalicom. Namenjena je za vertikalni transport tereta do 500 kN, prevoz gabaritnog tereta do 100 tona, čišćenje tankova drugih brodova, gašenje požara na plovnim objektima, spasavanje plovila od potonuća usled prodora vode, prekrcavanje tereta na sidrištu sa plovila na plovilo ili sa plovila na obalu, i obratno.



Slika 2 – Plovna dizalica LDI-500 u opremanju
Figure 2 – Assembling of an LDI-500 floating crane

Za izvršavanje navedenih i drugih zadataka, na ovoj dizalici postoje savremeno opremljene radionice. Dizalica može da diže teret od 50 t sa dubine vode od 50 m i da ga diže na visinu 32 m na udaljenosti od 20 m od sebe i da vrši okret sa teretom za 360° ili da podiže teret od 20 t koji je od nje udaljen 29 m. Ima 180 m² slobodne površine na palubi za smeštaj tereta. U trupu su, pored krmenog i pramčanog pika, smešteni prostori pogonskih motora, generatora i stambeni prostor. Maksimalni gaz dizalice je 2,3 m.

Mosne dizalice su isključivo namenjene za dizanje tereta do 500 tona. Sastoje se od dva plovna tela iznad kojih su u obliku poprečnih mostova namešteni nosači sa vretenima za dizanje.

Uslovi stabilneta i nepotopivosti plovne dizalice

Kao i svaki drugi plovni objekt, i plovna dizalica mora biti u stanju da se suprotstavi naginjanju pontona zbog delovanja spoljnih sila, tj. mora imati dovoljan stabilitet. Kako sile koje deluju na dizalicu mogu biti statičke i dinamičke prirode [6], razlikuje se statički i dinamički stabilitet. Statičke sile su: opterećenje dizalice pri podizanju tereta i sila stalnog vetra, a pod dinamičkim opterećenjem podrazumeva se naglo udarno opterećenje, koje se može desiti kad pukne uža pri podizanju tereta, i sila naglog udara vetra. Da bi se zadovoljili uslovi stabilneta, potrebno je dimenzije pontona odabrati tako da pri statičkom opterećenju dizalice, u normalnom slučaju pogona, uglovi nagiba pontona ne prelaze unapred zadatu vrednost (obično 5°). Proračunom stabilneta treba pre osnivanja dizalice predvideti i stabilitet dizalice u slučaju havarije, na primer pri pojavi dinamičkog opterećenja u vanrednim slučajevima. U najnepovoljnijem slučaju kombinovanog opterećenja od korisnog tereta i vetra kad dizalica ne diže teret, paluba pontona ne sme uranjati u vodu, odnosno dno pontona ne sme izranjati iz vode. Zbog malih uglova nagiba pontona dovoljno je u slučaju statičkog opterećenja, koristiti formule za početni stabilitet. U slučaju dinamičkog opterećenja, koristi se dijagram poluga statičkog stabilneta i dijagram redukovano momenta vetra, pa se uglovi nagiba dobijaju izjednačenjem odgovarajućih površina ispod tih krivih [7]. Ugao nagiba dizalice pri podizanju tereta treba ograničiti jer od njega zavisi dohvat dizalice. Dohvat se može znatnije promeniti i pri malim uglovima nagiba zbog velike visine vešanja kuke za podizanje tereta. Karakteristika opterećenja kopnenih dizalica je određena momentom opterećenja koji je jednak proizvodu težine tereta i dohvata kraka dizalice. Za plovne dizalice važna je i visina vešanja tereta. Što je veća visina, manji je početni stabilitet pontona, a uglovi nagiba su veći pri podizanju istog tereta. Ako su dimenzije pontona ograničene, ne može se primeniti normalna gradnja. Ako je gaz pontona ograničen, a dužina i širina nisu (plovna dizalica koja radi na rekama ili blizu obale u prirodnim lukama), dizalica će imati horizontalno dno da potpuno iskoristi gaz. Pri kosom dnu već pri malim nagibima dno izlazi iz vode, što znatno smanjuje stabilitet. Radi jednostavne konstrukcije i spuštanja težišta sistema upotrebljavaju se fiksni protivtegovi, a njihova se manja efikasnost može nadoknaditi većom širinom pontona, što znatno povećava stabilitet.

Ako je uz gaz ograničena i širina pontona (dizalice koje rade u kanalima), treba za poboljšanje stabilneta upotrebiti pokretne protivtegove. Ako se protivtegovi postave na šine okretnog gornjeg uređaja podiže se težište sistema, što uzrokuje smanjenje stabilneta. Stabilitet se može kompenzovati povećavanjem površine vodene linije. Kako je širina ograničena, to je moguće postići samo povećanjem dužine pontona, što je nepraktično jer je

teško manevrisati takvom dizalicom. Zbog toga je bolje postaviti pokretan protivteg niže, tj. na ponton, i zadovoljiti se samo delimičnim uravnoteženjem tereta. U tom slučaju su protivtegovu ujedno i balast za uravnoteženje pontona u uzdužnom smeru. Ako je širina pontona toliko ograničena da se ne može primeniti dizalica sa fiksnim protivtegom, a gaz nije ograničen, može se koristan teret potpuno uravnotežiti protivtegom. Ovakvo rešenje neznatno utiče na povećanje istisnine, te nije neophodno povećavati glavne dimenzije pontona jer se pogodnim oblikovanjem njegove podvodne forme (koso dno koje se podiže prema krmi) može težište istisnine pomeriti prema pramcu. To znači da se u uzdužnom smeru dizalica može uravnotežiti i bez balasta. Mali gaz na krmi pontona ne smeta, jer dizalica radi bez nagiba, ali treba obratiti pažnju na mogućnost prevrtanja dizalice u slučaju prekida užeta za podizanje tereta.

Premeštanje težišta istisnine prema pramcu, zbog smanjenja balasta, pomoću pogodnog oblikovanja vodne linije, nije pogodno jer se tako pri maksimalnoj zadanoj širini pontona smanjuje metacentarska visina, a to za plovne dizalice nije dozvoljeno.

Proračun nepotopivosti treba predvideti da se u slučaju prodora vode, zbog opterećenja spoljne oplata pontona, spreči prevrtanje ili potonuće plovne dizalice. Nepotopivost plovne dizalice se, kao i kod brodova, postiže pogodnim rasporedom uzdužnih i poprečnih nepropusnih pregrada unutar pontona i određenom veličinom nadvođa. Pri proračunu nepotopivosti pretpostavlja se da se, kad je kuka neopterećena, mogu naplaviti dva susedna odseka – prostora, sa teretom na kuki samo jedan odsek, a da paluba pontona ne uroni pod vodu [7].

Plovna dizalica za vreme plovidbe, premeštanja unutar područja rada i u svim stanjima bez tereta na kuki, mora zadovoljavati sve zahteve za stabilitet pontona uz površinu izloženu vetru izračunatu metodom proračuna delovanja na visoke strukture kompleksnog oblika.

Uslovi korišćenja teretnih uređaja plovnih dizalica

Spoljna opterećenja koja deluju na teretne uređaje plovne dizalice, za vreme njihovog korišćenja dele se na osnovna, dopunska i posebna.

Osnovna opterećenja – stalna opterećenja su vlastita težina nosive konstrukcije, mehanizama, komunikacijskih postolja, stalnih protivtegov, kojima veličina i položaj u odnosu na posmatrani deo konstrukcije ostaju nepromenjeni za vreme korišćenja.

U proračunima se može zanemariti vlastita težina privesa (masa kuke, grabilice, itd.), ako njihova težina ne prelazi 5% težine dizanog tereta.

U dopunska opterećenja ubrajaju se: opterećenja usled vetra, leda, opterećenje usled kretanja vode i sile inercije usled kretanja vode.

Posebna opterećenja su: ispitna opterećenja; opterećenja konstrukcije zavisno od primenjenog načina montaže teretnog uređaja i tehnologije montažnih radnji; udar odbijanja talasa; otkidanje tereta.

Položaj grane zakretne dizalice za proračun uzima se kao da je normalan na središnju uzdužnu liniju pontona.

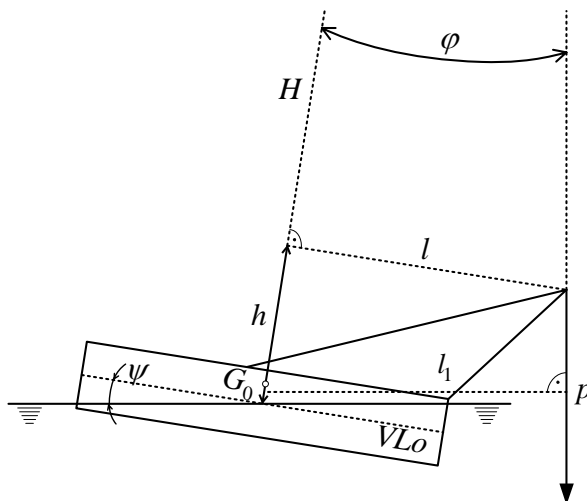
Kod dizalica koje se ne mogu zakretati, kod kojih se rad grane odvija u uzdužnoj ravni, mora se uzeti u obzir mogućnost nesimetričnog opterećenja na kukama, ako ta mogućnost postoji zbog konstrukcije dizalice.

Položaj težišta tereta na kuki za proračun mora se uzeti da je u tački hvatišta kuke na granu dizalice.

Za slučaj havarije – pada (otkidanja) tereta sa kuke, stabilitet se mora proveriti za najnepovoljnije stanje krcanja sa teretom na kuki, uzevši u obzir i mogući nesimetrični razmeštaj tereta na palubi [8].

Uticaj visećeg tereta na stabilitet plovne dizalice

Kada teret visi na podizaču, tj. teretnom uređaju plovne dizalice, smanjiće se stabilitet, a plovna dizalica će se nagnuti u uzdužnom smeru za ugao ψ i u poprečnom za ugao φ (slika 3). Prema tome, za teret poznate mase p koji visi na teretnom uređaju plovne dizalice treba proračunati smanjenje početne metacentarske visine, zatim ugao uzdužnog nagiba ψ , ukupnu promenu trima u , i ugao poprečnog nagiba φ [9].



Slika 3 – Viseći teret na podizaču plovne dizalice
 Figure 3 – Cargo hanging on the lifting appliance of a floating crane

Naročito je važno poznavanje uticaja visećeg tereta kod plovnih dizalica. Pomeranje težišta sistema broda, odnosno nova $\overline{M_0G_1}$ posmatra se kao pri dodavanju tereta p na određenu visinu. Ta visina je visina osovine gornjeg koloturnika samarice nad težištem sistema broda h .

Smanjenje stabiliteta, tj. početne metacentarske visine računa se:

$$\overline{G_0G_1} = \frac{p \cdot h}{D + p} \quad (2)$$

Nova početna metacentarska visina računa se prema jednačini:

$$\overline{M_0G_1} = \overline{M_0G_0} - \overline{G_0G_1} \quad (3)$$

Za proračunavanje ugla uzdužnog nagiba, koji prouzrokuje viseći teret, uzećemo za primer teret koji visi na podizaču plovne dizalice (slika 3). Kada se plovna dizalica pri dizanju tereta p nagne u uzdužnom smeru za ugao ψ , tada je poluga momenta naginjanja (nagiba) jednaka l_1 i ona se određuje prema:

$$l_1 = (h + H) \cdot \sin \psi \quad (4)$$

U jednačini h je visina vešanja tereta na vrhu krova dizalice od težišta sistema G_0 , H – udaljenost na pravcu delovanja uzgona za vodenu liniju VLo (vodena linija pre nagiba broda), i to od tačke preseka te prave sa pravcem delovanja tereta p do visine h .

Jednačina stabiliteta u ovom slučaju glasi:

$$p \cdot l_1 = (D + p) \cdot \overline{M_0G_0} \cdot \sin \psi \quad (5)$$

$$p \cdot (h + H) \cdot \sin \psi = (D + p) \cdot \overline{M_0G_0} \cdot \sin \psi \quad (6)$$

$$p \cdot (h + H) = (D + p) \cdot \overline{M_0G_0} \quad (7)$$

Ako je l horizontalna udaljenost napadne tačke sile p od središta vodene linije, pri ravnom položaju dizalice biće:

$$H = l \cdot \operatorname{ctg} \psi = \frac{l}{\operatorname{tg} \psi} \quad (8)$$

$$p \cdot \left(h + \frac{l}{\operatorname{tg} \psi} \right) = (D + p) \cdot \overline{M_0G_0} \quad (9)$$

$$p \cdot h + p \cdot \frac{l}{\operatorname{tg} \psi} = (D + p) \cdot \overline{M_0G_0} \quad (10)$$

Ako jednačinu (10) pomnožimo sa $\operatorname{tg} \psi$ dobija se:

$$p \cdot h \cdot \operatorname{tg} \psi + p \cdot l = (D + p) \cdot \overline{M_0G_0} \cdot \operatorname{tg} \psi \quad (11)$$

$$p \cdot l = (D + p) \cdot \overline{M_0 G_0} \cdot \operatorname{tg} \psi - p \cdot h \cdot \operatorname{tg} \psi \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{p \cdot l}{(D + p) \cdot \overline{M_0 G_0} - p \cdot h} \quad (13)$$

Ugao poprečnog nagiba broda računa se analogijom prema gornjoj formuli:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{p \cdot b}{(D + p) \cdot \overline{M_0 G_0} - p \cdot h} \quad (14)$$

gde je b udaljenost težišta visećeg tereta od simetralne ravni broda.

Ukupna promena trima (u) računa se:

$$\frac{u}{L} = \operatorname{tg} \psi \quad (15)$$

$$u = \frac{p \cdot l \cdot L}{(D + p) \cdot \overline{M_0 G_0} - p \cdot h} \quad (16)$$

Prilikom korišćenja plovnih dizalica za dizanje potonulih objekata na unutrašnjim plovnim putevima potrebno je poznavati težinu tereta i izvršiti proračune smanjenja početne metacentarske visine, zatim ugao uzdužnog nagiba ψ , ugao poprečnog nagiba φ i ukupnu promenu trima u .

Prethodni proračuni su važni, jer se dizanje tereta na unutrašnjim plovnim putevima prevashodno vrši u uslovima malih dubina, sa stalno prisutnom opasnošću od „nasedanja“ (nasukanja) plovne dizalice i oštećenja podvodnog dela, koje može prouzrokovati i prodor vode (naplavlivanje) odseka plovne dizalice.

Dopunski kriterijumi stabiliteta plovne dizalice

Za vreme podizanja tereta plovnom dizalicom moraju se zadovoljiti sledeći dodatni kriterijumi stabiliteta [10]:

$$\theta_C < 15^\circ \quad (17)$$

$$GZ_C \leq GZ_{\max} \quad (18)$$

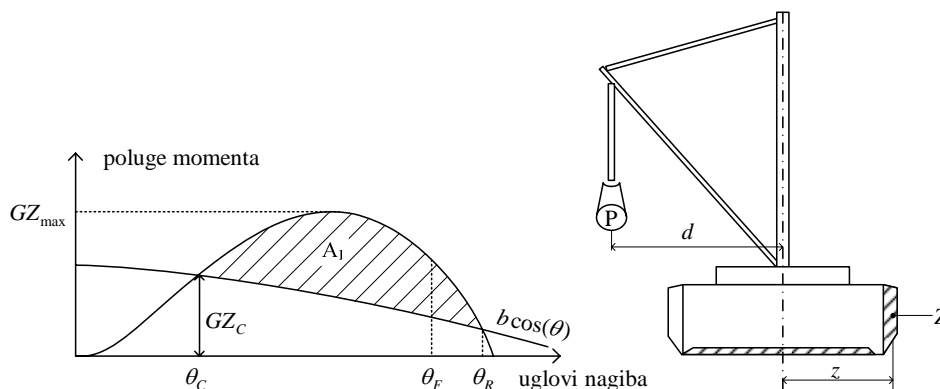
$$A_1 \geq 0,4A_{\text{tot}} \quad (19)$$

U prethodnim izrazima θ_C je ravnotežni ugao nagiba, odgovara prvom preseku (presečnoj tački) krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba. Na slici 4 prikazani su GZ_C i GZ_{\max} . Površina A_1 sadržana je između krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba, mereno od ugla nagiba θ_C

do najmanjeg od sledećih uglova nagiba: ugla gubitka stabiliteta θ_R , koji odgovara drugom preseku (presečnoj tački) krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba i ugla naplavlivanja θ_F , pri kojem uranjaju nezaštićeni otvori. Površina A_{tot} je ukupna površina ispod krive poluga stabiliteta. U navedenim kriterijumima, poluga nagiba usled podizanja tereta dobija se pomoću sledećeg izraza:

$$l_a = P \cdot d - Z \cdot z / D \quad (20)$$

gde je: P – masa podizanog tereta, d – poprečna udaljenost, podizanog tereta od uzdužne simetralne ravni, Z – masa, balasta korištenog za izravnavanje pontona, ako se isti koristi, z – poprečna udaljenost, težišta Z balasta od uzdužne simetralne ravni (slika 4), D – deplasman – istisnina, razmatranog stanja krcanja.



Slika 4 – Stabilitet pri dizanju tereta
Figure 4 – Cargo lifting stability

Provera stabiliteta sprovodi se za najnepovoljniji slučaj podizanja tereta u najnepovoljnijem stanju krcanja s najvećim dozvoljenim opterećenjem na kuki, uz maksimalni moment usled tog opterećenja, pri čemu se početna metacentarska visina MG_0 mora korigovati zbog uticaja slobodnih površina tečnosti u tankovima [11].

Kriterijum stabiliteta u slučaju iznenadnog pada tereta prilikom podizanja razmatra slučaj pretpostavljenog pada tereta usled prekida podiznog užeta.

U tom se slučaju mora zadovoljiti sledeći dodatni kriterijum stabiliteta:

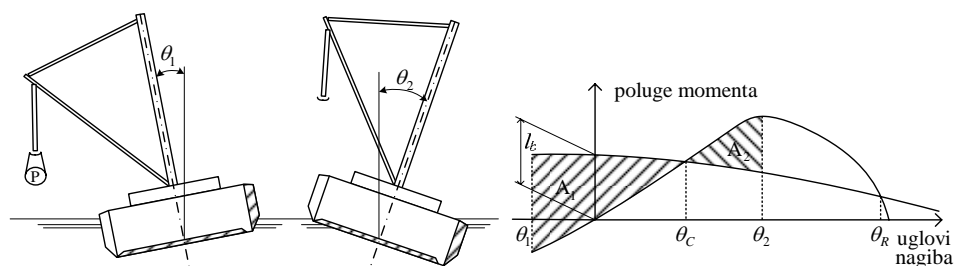
$$A_2 / A_1 \geq 1 \quad (21)$$

$$\theta_R - \theta_2 \geq 20^\circ \quad (22)$$

Površina A_1 sadržana je između krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba, mereno od ugla nagiba θ_1 do ugla nagiba θ_C . Površina A_2 sadržana je između krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba, mereno od ugla nagiba θ_C do ugla nagiba θ_2 . Ravnotežni ugao nagiba prilikom podizanja tereta je označen sa θ_1 . Ravnotežni ugao nagiba θ_C , odgovara prvoj presečnoj tački krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba. Ugao naplavljivanja, se ne uzima veći od 30° (ugao pri kojem se teret na palubi počinje pomerati) je označen sa θ_2 . Ugao gubitka stabiliteta θ_R , odgovara drugoj presečnoj tački krive poluga stabiliteta i krive poluga nagiba (slika 5).

U navedenim kriterijumima, poluga nagiba usled pada tereta dobija se pomoću sledećeg izraza:

$$l_b = Z \cdot \frac{z}{D} \cdot \cos \theta \quad (23)$$



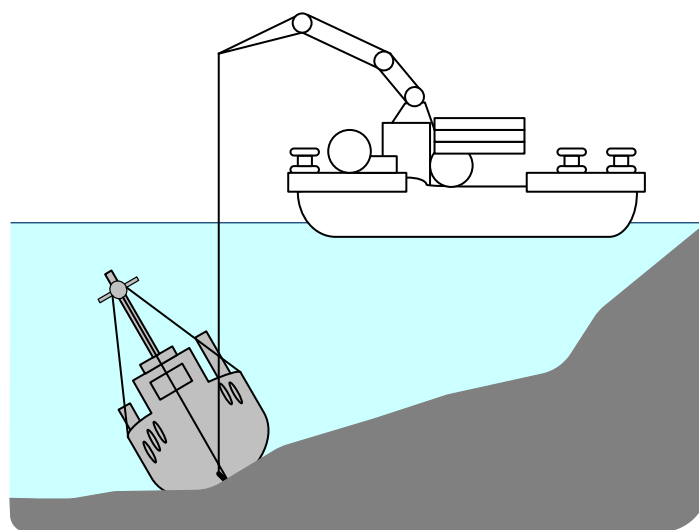
Slika 5 – Stabilitet pri padu tereta
Figure 5 – Cargo loss stability

Dizanje potonulih brodova

Zaštropljavanje manjeg broda (plovnog sredstva) pri dizanju jednom dizalicom ili kosnik dizalicom vrši se sa dva štrova, koji su nametnuti sa krme i pramca, broda koji se diže, podvlačenjem, ispiranjem krajeva broda ili prokopavanjem (ispiranjem) kanala – tunela. Upletke – petlje jednog štrova ronilac nameće na kuku dizalice, kojom se štrov najpre nateže okomito. Posle toga se koloturnik razvlači, a očne upletke se nameću na palubu.

Kada obuhvati na isti način i drugi štrov (krmeni), ronilac nameće na kuku upletke prvog štrova i podvezuje sva četiri kraja ispod kuke prihvatnim konopom. Posle toga dizalica pažljivo nateže štrovove za dizanje za 20-25% težine broda koji se diže. Štrovovi pri tome pomalo klize po bokovima prema sredini broda. Ronilac proverava sva četiri štrova, koji moraju biti dobro i ravnomerno nategnuti. U takvom položaju ronilci postaju

vljaju na štropove vezaljke, koje se učvršćuju na palubu, palubne otvore, bitve itd. (slika 6). Ako je paluba slaba na mestima gde štropovi pritiskaju, tada se drvene prečke (grede), koje se učvršćuju klinovima, mogu postaviti popreko palube.



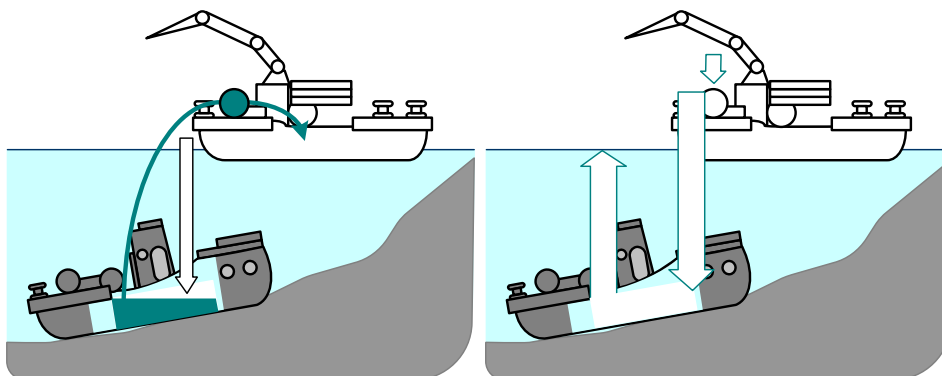
Slika 6 – Dizanje potonulog broda plovnom dizalicom
Figure 6 – Lifting a sunken ship with a floating crane

Ako po bokovima brod ima ljuljne kobilice ili grednu kobilicu, i ako je statva oštra ili je oplata suviše tanka, tada se umesto štropova upotrebljavaju metalni potpasi (pojasi), jer bi inače štropovi probili – isekli oplatu ili bi se sami pokidali na oštrim ivicama kobilice ili statve [12].

Dizanje potonulog broda kosnik-dizalicom se, načelno, ne razlikuje od dizanja dizalicom. Kosnik-dizalicom se, međutim, zbog malog zahvata po visini i širini kosnika, ne može podići brod odmah na površinu. Zbog toga, kada se brod podigne za onoliko koliko je moguće, ova dizalica ga prenosi na manju dubinu. Završno dizanje broda vrši se ispuštanjem vode, produvanjem komprimovanim vazduhom, dizalicom ili na neki drugi način, po mogućnosti na zaštićenom mestu (slika 7).

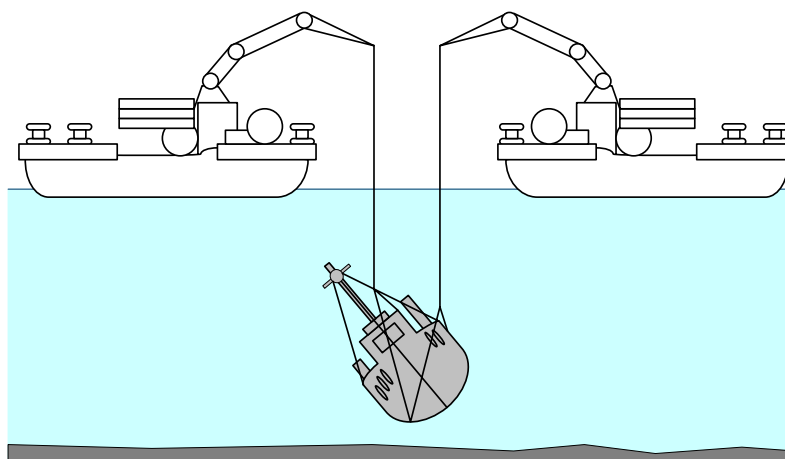
Ako je za dizanje broda malo jedna dizalica, mogu se upotrebiti dve ili više dizalica i kosnik dizalica [13]. U tom slučaju zahvatanje štropova za brod vrši se posebno za svaku dizalicu i kosnik (slika 8).

Kod jačih dizalica štropovi se zahvataju ispod trupa broda, a kod manjih dizalica i kosnika štropovi se mogu zahvatati i vezati za dovoljno čvrste delove brodske konstrukcije.



Slika 7 – Dizanje potonulog broda ispuhavanjem vode i produvanjem komprimovanim vazduhom sa plovne dizalice

Figure 7 – Lifting a sunken ship by pumping water and blowing compressed air from a floating crane



Slika 8 – Dizanja potonulog broda sa dve plovne dizalice

Figure 8 – Two floating cranes lifting a sunken ship

Ovakav način dizanja je vrlo opasan, jer je vrlo teško regulisati ravnomerno opterećenje štopova prilikom dizanja, naročito ako se ono vrši sa dve i više dizalice. Neravnomerno opterećenje može dovesti do kidanja štopa na jednoj od dizalica, pri čemu ostale dobijaju opterećenja veća od dozvoljenih. Zbog toga se istovremeni rad sa nekoliko dizalica može dozvoliti samo u izuzetnim situacijama, ako su radovi van jakih rečnih struja i nema talasa. Pre početka dizanja potrebno je pažljivo ispitati ispravnost svih dizalica, dobro razmotriti mere koje treba preduzeti u slučaju iznenadnog pogoršanja vremenskih prilika za vreme dizanja, tačnu i

brzu vezu i signalizaciju između dizalica i komandnog mesta. Za vreme dizanja sa više dizalica upravljanje njihovim radom mora biti objedinjeno i vrši se sa jednog komandnog mesta.

Koncentracije naprezanja na bokovima plovne dizalice su nejednake. Naime, zbog delovanja rečne struje vode, oplata plovne dizalice može biti izložena nesimetričnim uzdužnim opterećenjima zbog različitog otpora pojedinih delova. Usled toga moguće je pomeranje pozicije i potrebno je stalno proveravati i sprečiti odgovarajućim sidrenjem i/ili vezom.

Ukoliko je na potonulim objektima (brodovima) usled havarije ili dugog ležanja na dnu reke došlo do prekida konstrukcije potrebno je dizati ih u delovima. To dodatno usložava operaciju dizanja, jer treba dobro proceniti težinu i mesta za zahvatanje štropova.

Za podvodne tehničke radove u lukama i na rekama koriste se plovne dizalice čija je nosivost 10–20 tona [14] (slika 9).



Slika 9 – Plovne dizalice brodarskih organizacija i preduzeća
Figure 9 – Floating cranes of shipping organizations and companies

Skele za dizanje tereta, nosivosti 10-15 tona, ponekad može izraditi sama jedinica za svoje potrebe. Pri dizanju manjih potonulih objekata uspešno se mogu primeniti i plovni pontoni na kojima su ukrcani bageri dizalice [15].

Plovne dizalice opremaju se sofisticiranom opremom za merenje inercijalnih opterećenja u različitim uslovima rada, kao i opremom za merenje nagiba. Takođe, opremaju se uređajima za merenje brzine vetra i drugih hidrometeoroloških podataka koji se prate u realnom vremenu, automatskom obradom podataka.

Dovođenje plovne dizalice na zahtevanu poziciju izvodi se tegljenjem pomoću remorkera, kao i upotrebom sistema za sidrenje.

Plovna dizalica se za vreme rada premešta pomoću pritezni i sidrenih vitala. Obično je sa dva užeta privezana uz obalu a sa dva za sidra. Pritezanjem i popuštanjem pojedinih užeta može se plovna dizalica pomerati na ograničenom području.

Pozicioniranje plovnih dizalica vrši se primenom savremenih satelitskih navigacijskih sistema [16], [17]. Postoje i sistemi za automatsko pozicioniranje plovne dizalice. Sistem upravljanja sidrenim vitlima koji omogućavaju dovođenje plovila bez vlastitog pogona na poziciju određenu putem satelitskih navigacijskih sistema.

Zaključak

Za dizanje potonulih objekata na unutrašnjim plovnim putevima uspešno se mogu koristiti plovne dizalice brogarskih organizacija i preduzeća i vojske naše zemlje. Zbog velikog broja potonulih plovila i drugih objekata koji se nalaze na plovnim putevima Srbije potrebno je u narednom periodu izvršiti njihovo podizanje i uklanjanje. Na taj način će se unaprediti sigurnost plovidbe plovnim putevima Srbije. Predloženi postupak i uslovi dizanja domaćim plovnim dizalicama znatno bi se smanjili ukupni troškovi. Prema projektu Evropske agencije za rekonstrukciju, u okviru Master plana razvoja plovnih puteva Srbije do 2025. godine, potrebno je dizanje i uklanjanje određenog broja potonulih objekata. Korišćenjem naših plovih dizalica i ulaganjem u završno opremanje plovne dizalice LDI-50 Rečne flotile, uspostavila bi se „služba plovnih dizalica“ koja bi mogla uspešno da završi dizanje svih potonulih objekata na našim plovnim putevima u narednim godinama. Pored toga, i u budućnosti bi iskustvo stečeno u ovim radovima bilo od neprocenjive vrednosti u operacijama spasavanja na plovnim putevima. Ulaganjem u završno opremanje plovne dizalice Rečne flotile, Republika Srbija bi dobila savremeno opremljenu plovnu jedinicu i obučene posade za vanredne situacije i operacije spasavanja na plovim putevima Srbije. Rečna flotila bi za ovaj posao mogla upotrebiti i druge brodove, tj. plovne jedinice, sredstva za pretraživanje, traganje i spasavanje i ronioce.

Prilikom korišćenja plovnih dizalica za dizanje potonulih objekata potrebno je da se izvrše potrebni proračuni stabiliteta i utvrde uslovi za svaku situaciju, tj. operaciju podizanja. Naime, potrebno je poznavati težinu tereta i izvršiti proračune smanjenja početne metacentarske visine, zatim ugao uzdužnog nagiba ψ , ukupnu promenu trima u , i ugao poprečnog nagiba φ . Proračuni su veoma važni, jer će se radovi dizanja prevashodno vršiti u uslovima malih dubina, sa stalno prisutnom opasnošću od nasukanja plovne dizalice i oštećenja podvodnog dela, koje može prouzrokovati i prodor vode (naplavlivanje) odseka plovne dizalice. Tačni proračuni su od presudne važnosti za uspeh operacije i sigurnost posada i opreme.

Literatura

- [1] Coroban, C., *Some considerations on the EU Danube Strategy and the Black Sea Region*, Eastern Journal of European Studies, 2/2011, pp. 97-110.
- [2] Girin, M., *European experience in response to potentially polluting shipwrecks*, Marine Technology Society Journal, Vol. 38 (21-55), 2004.
- [3] Jovičić, A., Đorđević, Z., Aleksić, M. U., Mitrović, S. T., *Functional model of C4ISR System for Coastal Surveillance, Crime Prevention and Rescue Support*, Collection of Papers of the Faculty of Maritime Studies, 21/2005, pp. 359–366.
- [4] Radojević, S. M., *Upravljanje brodom*, Vojna akademija, Beograd, 2009.
- [5] Краморенко, А. В., *Перспективы развития технических средств судоподъема*, Военная мысль, Vol. 11 (35-45), 2008.
- [6] Zhang, Q., Zhang, J. J., He, J., Li, Y. F., Qin, X. R., *A Method of Dynamic Modeling of a Large Floating Crane and its External Excitations*, Advanced Materials Research, Vol. 139 (2440-2445), 2010.
- [7] *Pomorska enciklopedija 6*, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb 1983.
- [8] Rules for the Classification and the Certification of Cranes onboard Ships and Offshore Units, Bureau Veritas, 2007.
- [9] Mégel, J., Kliava, J., *Metacenter and ship stability*, American Journal of Physics, 78/2010, pp 738.
- [10] *Non-Propelled Units*, in: Rules for the Classification of Steel Ships, PART E – Service Notations, Bureau Veritas, 2000.
- [11] Radojević, S. M., *Krcanje i prevoz tereta*, Medija centar Odbrana, Beograd, 2011.
- [12] Pomorački radovi službe za spašavanje, DSNO, Mornarička uprava, Beograd, 1972.
- [13] Grundt, E., Lavroff, S., Nechajew, K., *Schiffsbergung*, BoD, 2010.
- [14] Авотин, П. Г. *Речной судоподъем*, Издательство Наркомречфлота СССР, Москва, 1942.
- [15] Huang, E. T., *Static stability assessment of an ELCAS(M) based barge crane*, Naval Facilities Engineering Command, Port Hueneme, 2009.
- [16] Radojević, S. M., *Razvoj globalnih satelitskih navigacionih sistema*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 57, No. 3, pp. 111–126, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Beograd, 2009.
- [17] Radojević, S. M., *Tačnost i modernizacija globalnog pozicionog sistema*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 57, No. 4, pp. 108–131, ISSN 0042-8469, UDC 623+355/359, Beograd, 2009.

CONDITIONS OF USING FLOATING CRANES FOR LIFTING SUNKEN OBJECTS ON INLAND WATERWAYS

FIELD: Mechanical Engineering, Transportation Devices
ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

This paper presents the conditions for using floating cranes for lifting sunken vessels and other objects on inland waterways. Basic technical data are given together with technical details for the usage of floa-

ting cranes for lifting sunken objects. The paper points to the importance of lifting sunken objects and their removal from inland waterways in the Republic of Serbia.

Introduction

On inland waterways of the Republic of Serbia, there are many sunken objects. Sunken objects, i.e. ships, affect the reduction of width and depth of waterways, which can result in interrupted navigation. They seriously endanger safety of navigation, which in turn demands a very serious and thorough process of their removal. Sunken ships are usually lifted by floating cranes. The paper presents conditions needed for floating cranes usage on inland waterways, with the stability calculation.

Floating cranes

The first part of the paper gives an overview of the general characteristics of floating cranes, while the second part refers to the criteria of stability. When using a floating crane for lifting sunken objects on inland waterways, it is necessary to consider cargo weight, as well as to calculate the reduction of the initial metacentric height, longitudinal inclination angle, angle of heeling and overall change in draught. Preliminary calculations are important, since lifting of sunken objects on inland waterways is usually carried out in shallow waters, with a constantly present threat of grounding floating cranes and damaging underwater parts of cranes.

Lifting of sunken ships

The paper provides a theoretical and practical basis for requirements needed for lifting sunken objects by floating cranes, which could be useful and beneficial for responsible organizations and river units that will deal with these issues.

Conclusion

Floating cranes of Serbian companies, shipping organizations and Serbian armed forces can be successfully used for sunken ships lifting on inland waterways. A large number of sunken ships on Serbian rivers and canals actualize the issue of their lifting and removal from inland waterways in order to increase navigation safety. This research gives a necessary theoretical and practical framework for completing the described task effectively.

Key words: inland waterway, lifting sunken objects, floating crane, ship stability

Datum prijema članka: 22. 08. 2011.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 29. 09. 2011.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 05. 10. 2011.