

POZICIONIRANJE SEKCIJE TRUPA DIZALICOM NA KOSOM NAVOZU

Sažetak

Brod se gradi ili na ravnom ležaju ili u suhom doku ili na kosom navozu. Postavljanjem ovještene sekcije na dizalici u nagnuti položaj u uzdužnom smjeru kosog navoza i horizontalni položaj u poprečnom smjeru postiže se veća točnost sljublivanja stičnih spojeva i manji zazori spojeva limova i profila. Time će se smanjiti broj točaka klinovanja prilikom brodomonterskog stikovanja spojeva limova i profila i postići će se skraćenje vremena pripreme i veća kvaliteta pripreme sekcijskih spojeva za zavarivanje. Ako brod gradimo na ravnom ležaju ili suhom doku, opet je potrebno proračunati točan položaj težišta sekcije i točan položaj uški kako bi se sekcija, ovještene na dizalici odmah i horizontalizirala u uzdužnom i poprečnom smjeru. Ključne riječi: težište, horizontaliziranje i nagibanje sekcije.

Ključne riječi: Koordinate uški, nagibanje sekcije

HULL SECTION SETTING BY CRANE ON SLOPE BUILDING WAYS

Summary

A ship may be built either on the horizontal or inclined building ways or dry dock. If a ship is built on the slope ways a longitudinal slope position and a transverse horizontal position of the section hung on the crane enables plates and profiles to have allowable joint lap tolerance and fewer wedging points in the section joints range. If a ship is built on the horizontal ways or dry dock, the section's center of gravity and lifting ears coordinates should be calculated because of the longitudinal and transverse horizontalization of the hung section. Keywords: horizontalization and inclination of hull section.

Keywords: Inclination of hull section

1. Proračun težina i težišta sekcija

Težinu sekcije ćemo računati prema *Varignon-ovom teoremu* prema izvoru [1] koji primijenjen na prostorni sistem sila brodske sekcije glasi: *Ukupna težina sekcije jednaka je zbroju težina pojedinih elemenata* (limova, profila, koljena, zavarenih spojeva). Unutar limova i profila se nalaze različiti izrezi : Krugovi, elipse, polovine ili četvrtine kruga, provlake, pravokutni otvori itd. Svaki izrezani lik u limu ili profilu je, ili sam po sebi jednostavan geometrijski lik, ili je sastavljen od takvih jednostavnih geometrijskih likova. Sile neobrezanih i neizrezanih limova i profila će porimiti pozitivan predznak (+) a sile izrezanih elemenata negativan predznak (-). Za sekciju sastavljenu od n elemenata ukupna sila težine će biti:

$$G_S = \sum_{i=1}^{i=n} (G_e + G_z - \sum_{j=1}^{j=m} G_j)_i \quad \text{kN} \quad (1.1)$$

Gdje je: G_S - Ukupna težina sekcije kN

i - Indeks elementa sekcije, j - Indeks izrezanog lika u limu ili profilu

G_e - Težina punog (neizrezanog) elementa sekcije N

G_j - Težina izrezanog lika, G_z - Težina kutnog zavarenog spoja N

n - Ukupan broj elemenata sekcije, m - Ukupan broj izrezanih likova na elementu.

Makar je po strukturi izraz (1.1) jednostavan definiranje pojedinih strukturnih detalja na elementima trupa vezanih za elemente opreme u strojarnici i nije ni brz ni jednostavan postupak. Pored toga banalna procedura nabave materijala često mijenja početne zamisli projektanta.

U svrhu proračuna koordinata težišta brodske sekcije potrebne su nam veličine statičkih momenata sila težina elemenata. Primijenjen na ovaj slučaj *Varignon-ov teorem* glasi: *Statički moment rezultantne sile težine sekcije jednak je zbroju statičkih momenata pojedinih elemenata sekcije* (limova i profila) obzorom na isto ishodište koordinatnog sustava sekcije 0_s . Pri zbrajanju momenata elemenata sekcije statički momenti punih (neizrezanih) limova i profila će poprimiti pozitivni (+) predznak, a statički momenti izrezanih likova će poprimiti negativan

(-) predznak. Za prostorni sistem paralelnih sila elemenata sekcije, ako pod elementom sekcije podrazumijevamo lim, profil, koljeno, zavareni spoj itd. u koordinatnom sustavu (0_s X, Y, Z) primjenom *Varignon-ovog teorema* apscisa težišta sekcije će biti:

$$X_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (G_e X_e + G_z X_{z,T} - \sum_{j=1}^{j=m} G_j X_j)_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (G_e + G_z - \sum_{j=1}^{j=m} G_j)_i} \quad \text{m} \quad (1.2 A)$$

Gdje je: X_e – Dužinska koordinata težišta punog (neizrezanog) lima m

$X_{z,T}$ – koordinata težišta kutno zavarenog spoja, X_j – težišta izrazanog lika u limu m

Potpuno analogno ćemo napisati izraz za aplikatu težišta sekcije Z_T :

$$Z_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (G_e Z_e + G_z Z_{z,T} - \sum_{j=1}^{j=m} G_j Z_j)_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (G_e + G_z - \sum_{j=1}^{j=m} G_j)_i} \quad \text{m} \quad (1.2 B)$$

Gdje je: Z_e – Visinska koordinata težišta punog (neizrezanog) lima m
 $Z_{z,T}$ – Visinska koordinata težišta kutno zavarenog spoja m
 Z_j – Visinska koordinata težišta izrezanog lika u limu m

A za nesimetrične sekcije koordinatu težišta sekcije po širini Y_T ćemo računati po formuli:

$$Y_T = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (G_e Y_e + G_z Y_{z,T} - \sum_{j=1}^{j=m} G_j Y_j)_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (G_e + G_z - \sum_{j=1}^{j=m} G_j)_i} \quad \text{m} \quad (1.2 \text{ C})$$

Gdje je: Y_e – Koordinata težišta punog (neizrezanog) lima u smjeru Y osi sekcije m
 $Y_{z,T}$ – Koordinata težišta kutno zavarenog spoja u smjeru Y osi sekcije m
 Y_j – Koordinata težišta izrezanog lika u limu u smjeru Y osi sekcije. m

Ovdje treba istaknuti slijedeće: U smjeru Y osi sekcije, odnosno u smjeru širine navoza, je potrebno samo kontrolirati horizontalnost sekcije za svaki tip sekcije i svaki slučaj podizanja. Drugim riječima: U smjeru osi Y treba tako razmjestiti uške da njihov položaj proizvede horizontalan položaj na dizalici, dok se nagibanje sekcije za kut navoza vrši u ravnini $z-x$.

1.1. Proračun težina i težišta ravnih limova

Težinu svakog ravnog lima sekcije ćemo računati prema izrazu:

$$G_{e,i} - G_i = (V_e - \sum_{j=1}^{j=m} V_j)_i \cdot \gamma = (F_e - \sum_{j=1}^{j=m} F_j)_i \cdot d_i \cdot \gamma \quad \text{kN} \quad (1.3)$$

Gdje je:

$G_{e,i}$ – Težina neobrezanog i neizrezanog lima sekcije, N
 $V_{e,i}$ – Volumen neobrezanog i neizrezanog lima sekcije, m³
 $F_{e,i}$ – Površina neobrezanog i neizrezanog lima sekcije, m²
 d_i – Debljina lima, mm
 G_j – Težina izrezanih likova na limu,
 $\sum_{j=1}^{j=m} V_j$ – Volumen izreza na limu, m³
 $\sum_{j=1}^{j=m} F_j$ – Površina izrezanih likova na limu, m²

Razliku težine stičnih zavarenih spojeva i osnovnog materijala ćemo zanemariti, dok ćemo težinu kutnih zavarenih spojeva lima računati prema izrazu:

$$G_{z,i} = V_{z,i} \cdot \gamma \quad \text{N} \quad (1.4)$$

Gdje je:

$G_{z,i}$ – Težina zavarenog spoja elementa, N
 $X_{z,T}$ – Koordinata težišta zavara, m
 $V_{z,i}$ – Volumen zavarenog spoja elementa, m³
 γ – Specifična težina brodograđevnog čelika. N/m³

1.2. Proračun težina i težišta ravnih i zakrivljenih profila

Težinu ravnog profila ćemo računati prema formuli:

$$G_{p,i} = V_{p,i} \cdot \gamma = F_{p,i} \cdot L_p \cdot \gamma \quad \text{N} \quad (1.5)$$

Gdje je: $G_{p,i}$ - Težina profila	N
$V_{p,i}$ - Volumen profila	m ³
$F_{p,i}$ - Poprečni presjek profila.	m ²
$L_{p,i}$ - Dužina profila	m

Veličinu koordinate težišta ravnog profila ćemo dobiti iz dužine profila.

U svrhu izvoda formule za volumen zakrivljenog profila poslužit ćemo se Drugim Guldin-ovim pravilom. Naime, poznato je da Drugo Guldin-ovo pravilo povezuje veličinu volumena tijela koje nastaje rotacijom plošnog lika oko nepomične osi sa veličinom površine i udaljenošću težišta površine od osi rotacije tako da je prema izvoru [3]:

$$V = 2\pi \cdot x_T \cdot F \quad \text{m}^3 \quad (1.6)$$

Gdje je: V – Volumen tijela	m ³
x_T - Udaljenost težišta rotacionog plošnog lika od osi rotacije	m
F – Površina plošnog lika	m ²

Tijelo u izrazu (1.6) je tijelo nastalo rotacijom površine oko nepomične osi, a brodograđevni profil zakrivljen u $Z - Y$ ravnini nastaje krivocrtnom translacijom poprečnog presjeka profila duž težišne krivulje profila, jer je analogija slijedeća:

Drugo Guldinovo pravilo, Analogno Guldinovo pravilo za zakrivljeni profil:

$$F - \text{Površina lika rotacije, } F_p - \text{Površina poprečnog presjeka profila} \quad \text{m}^2$$

$$2\pi \cdot x_T - \text{Dužina kružnice rotacije težišta} \quad \text{m}$$

$$L_t - \text{Dužina težišne krivulje profila plošnog lika} \quad \text{m}$$

$$V - \text{Volumen rotacionog tijela, } V_p - \text{Volumen zakrivljenog profila} \quad \text{m}^3$$

Pa je volumen zakrivljenog profila:

$$V_{p,i} = F_{p,i} \cdot L_t \quad \text{m}^3 \quad (1.7)$$

$$\text{Gdje je: } V_{p,i} - \text{Volumen zakrivljenog profila} \quad \text{m}^3$$

$$F_{p,i} - \text{Poprečni presjek profila} \quad \text{m}^2$$

$$L_t - \text{Dužina težišne krivulje profila} \quad \text{m}$$

Obzirom da je izraz (1.7) analogan izrazu (1.6) zakonitost nastajanja zakrivljenog profila opisana u izrazu (1.7) ćemo nazvati Analogno Guldin-ovo Pravilo za zakrivljeni profil.

Jednadžba (1.7) će se odnositi na profil čiji krajevi su omeđeni normalama na težišnu krivulju profila. Obzirom da se pravci obrezivanja krajeva profila obično ne poklapaju sa normalama potrebno je izvršiti korekciju težine i težišta profila i to prema formuli:

$$\Delta V_{p,i} = F_{p,i} \cdot \Delta L_t \quad \text{m}^3 \quad (1.8)$$

$$\text{Gdje je: } \Delta V_{p,i} - \text{Volumen izrezanog viška profila} \quad \text{m}^3$$

$$\Delta L_t - \text{Veličina skraćivanja težišne krivulje profila} \quad \text{m}$$

Ako je težišna krivulja profila zadana u ravnini $Z - Y$ u eksplisnom obliku $Y(z)$ i to «spline» funkcijom prema izvoru [2] tada ćemo dužinu težišne krivulje računati prema formuli:

$$L_{p,i} = \int_0^{z_p} [1 + Y'^2(Z)]^{\frac{1}{2}} \cdot dz \quad \text{m} \quad (1.9)$$

A koordinate prateće krivulje (Z_2, Y_2) (težišne krivulje profila, rubne krivulje profila ili bilo koje između osnovne i rubne krivulje) iz zadanih koordinata osnovne krivulje ćemo dobiti upotrebom slijedeće formule:

$$Y_2 = -\frac{k \cdot d}{(k^2 + 1)^{\frac{1}{2}}} + Y_1 \quad \text{m}$$

$$Z_2 = -\frac{k \cdot d}{(k^2 + 1)^{\frac{1}{2}}} + Z_1 \quad \text{m} \quad (1.10)$$

Gdje su: k - koeficijent smjera normale u zadanoj točki, d - dužina normale između točaka T_1 osnovne krivulje i T_2 prateće krivulje m

Izraz (1.5) za težinu ravnog profila ćemo izmjeniti u skladu sa formulama (1.7) i (1.9) pa ćemo dobiti jednadžbu za proračun težine zakrivljenog profila:

$$G_{p,i} = F_{p,i} \cdot \gamma \cdot \int_0^{z_p} [1 + Y'^2(Z)]^{\frac{1}{2}} \cdot dz \quad \text{N} \quad (1.11)$$

Gdje je: Z_p - Visina platforme ili palube od osnovice m

Dok će aplikata težišta profila biti identična aplikati težišta težišne krivulje profila, a računat ćemo je prema formuli:

$$Z_{Ti} = \frac{\int_0^{z_p} Z_T [1 + Y'^2(Z)]^{\frac{1}{2}} \cdot dz}{\int_0^{z_p} [1 + Y'^2(Z)]^{\frac{1}{2}} \cdot dz} \quad \text{m} \quad (1.12)$$

Gdje je izraz u brojniku jednadžbe (1.12) funkcija statičkog momenta težišne krivulje profila a izraz u nazivniku funkcija dužine težišne krivulje. Dakle, proračun statičkih veličina težine i težišta zakrivljenog profila smo sveli na proračun dužine težišne krivulje i težišta težišne krivulje istog profila. Utemeljenost i točnost formula (1.7) do (1.12) je dokazana pomoću krivulje teoretskog rebra R 17 novogradnje «Brodosplit Nov. 344» koristeći T profil čije su dimenzije struka 100x240 mm, a dimenzije pojasa 300 x 100 mm i to na dva različita načina:

a) proračunom volumena profila pomoću postupka integracije funkcija pratećih krivulja profila prema formuli (1.10) dobijeno $V_{p,a} = 0,10275244 \text{ m}^3$.

b) proračunom volumena profila upotrebom Analognog Guldin-ova pravila (1.7) a uz pomoć formula (1.9) i (1.10). Dobiveni rezultat veličine volumena profila je:

$$V_{p,b} = 0,10274073 \text{ m}^3 .$$

Dakle razlika rezultata računatih postupcima a) i b) $V_{p,a} - V_{p,b} = 11 \text{ mm}^3$ odnosno veličina greške prema ukupnom volumenu iznosi $1/10^8$ pa formulu (1.7) možemo uzeti kao utemeljenu i točnu.

1.3. Proračun težina i težišta limova vanjske oplata

Poznavajući jednadžbu plohe na teoretskim rebrima proračun težine i težišta limova vanjske oplata je jednostavan. Ali, ako takvu funkciju prostorne plohe ne poznajemo, nego posjedujemo samo ortogonalne ravninske krivulje rebara, vodnih linija i uzdužnica, tada ćemo u svrhu proračuna volumena lima učiniti slijedeće: U području prostiranja lima vanjske oplata ćemo na krivuljama rebara u ucrtati konture presjeka lima sa ravninama $Z - Y$ i to na svakom rebro kao i konture presjeka lima sa ravninama $Z - X$ i ravninama $X - Y$. Tako ćemo dobiti funkciju presjeka lima po dužini $F_{vo}(x)$ a njezinom integracijom po dužini ćemo dobiti veličinu volumena lima, a time i njegovu težinu. Da bi dobili sve tri koordinate težišta lima vanjske oplata potrebno je dobiti i preostale projekcije funkcije površina presjeka lima $F_{vo}(y)$, $F_{vo}(z)$ kao i funkcije statičkih momenata površina presjeka lima $M_{F,vo}(X)$, $M_{F,vo}(Y)$, $M_{F,vo}(Z)$. Pri tome ćemo pri proračunu težišta lima podijeliti lim u konačni broj zakrivljenih štapova i koristiti Varignon-ov teorem.

1.4. Pokusi sa težišnicama modela sekcija

Pomoću ovješanja modela sekcija prema slikama 01 i 02 u različitim točkama presjecišta ravnina $Z - X$ i $Y - Z$ i elemenata konstrukcije modela dobijemo dvije projekcije presjecišta težišnica modela, a time i koordinate težišta modela sekcije Z_T i X_T . Ako pomnožimo dobijene koordinate sa mjerilom modela dobijemo stvarne koordinate sekcije u naravnoj veličini. Svrha navedenog postupka je kontrola koordinata težišta sekcije dobijenim po formulama (1.2A), (1.2B) i (1.2C). Osim toga pokus presjecanja težišnica je uvod u računalnu simulaciju okretanja stvarne sekcije u postupku izrade u predmontažnoj radionici i kontrola proračuna koordinata težišta dobijenih po Varignon-ovom teoremu.



Slika 1. Pokus presjecanja težišnica pomoću modela sekcije dna tankera

Fig. 1 Testing of centroidal axes intersection by tank bottom section's model



Slika 2. Pokus presjecanja težišnica pomoću modela sekcije poprečne pregrade tankera

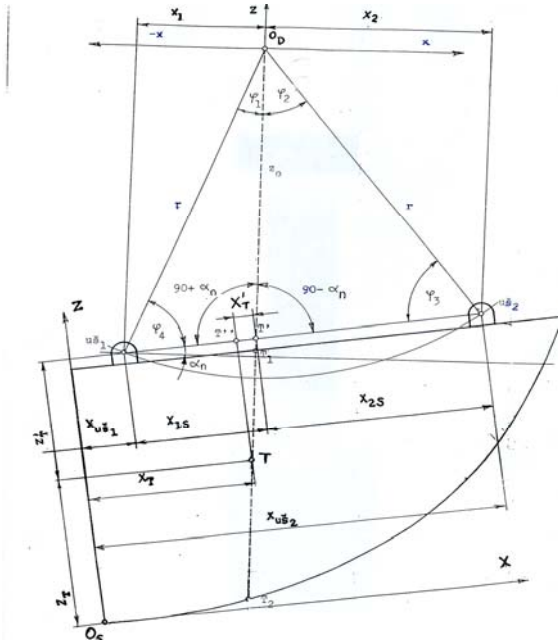
Fig. 2 Testing of centroidal axes intersection by transverse bulkhead section's model

Proračun položaja uški na sekciji

Pravilan položaj uški za podizanje sekcije se može postići na dva načina: Odabiranjem užadi jednake dužine ili konstrukcijom i ugradnjom posebne hidraulične priteznice pomoću koje ćemo produživati ili skraćivati dužinu užeta pod opterećenjem tereta sekcije. Razmotrimo prvu realniju mogućnost upotrebe užadi jednake dužine.

1.5. Podizanje sekcije pomoću užadi jednake dužine

Nagibanje sekcije za kut nagiba navoza trebamo izvesti u uzdužnoj ravnini navoza x,z , a horizontaliziranje sekcije u ravnini y,z navoza. Postupak dizanja i montaže sekcija ćemo pratiti u koordinatnom sustavu dizalice (O_D, x, y, z). Gdje je: O_D – Točka presjecišta simetrala užeta u kuki dizalice, x – uzdužna os navoza, y – poprečna os navoza, z – Visinska os navoza vidi sliku 1.



Slika 3 Postavljanje sekcije u montažni položaj na dizalici – presjek u Z - X ravnini težišnice sekcije

Fig. 3 Inclination of hull section's in z - x plane by the ways crane

Zamišljenu os provučenu kroz centar kuke dizalice O_D i kroz težište sekcije T , a okomitu na idealnu geodetsku horizontalnu ravninu navoza, ćemo nazvati težišnica sekcije vidi pravac $O_D - T$ na slici 1. Ravninu paralelnu sa centralnom simetralnom ravninom broda, u kojoj leži pravac težišnice, ćemo nazvati ravninom težišnice sekcije. Sada iz centra kuke dizalice povucimo kružnicu radiusa r i presjecimo donje krajeve užeta sa pravcem nagnutim za kut pada navoza α_n .

Postavimo u koordinatnom sustavu dizalice jednadžbu kružnice krajeva užeta:

$$x^2 + z^2 = r^2 \quad (2.1)$$

I jednadžbu pravca užki

$$z = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha_n) - z_0 \quad (2.2)$$

Kvadriranjem izraza (2.2) i uvrštavanjem u (2.1) dobijemo:

$$A \cdot x^2 + B \cdot x + C = 0 \quad (2.3)$$

Izrazi za koeficijent A je:

$$A = 1 + \operatorname{tg}^2(\alpha_n)$$

Ukoliko je zadana koordinata desne uške tada su koeficijenti B i C :

$$B = 2 \cdot X_{2s} \cdot (\cos \beta \pm v) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_n),$$

$$C = X_{2s}^2 \cdot (\cos^2 \beta \pm 2 \cdot v \cdot \cos \beta + v^2) - r^2 \quad (2.4)$$

Uvedene su slijedeće supstitucije:

$$\beta = 90 - \alpha_n, \quad v_{1,2} = \pm(\cos^2 \beta - 1 + (\frac{r}{X_{2S}})^2)^{\frac{1}{2}}$$

Ukoliko sekciju podižemo sa četiri užeta tada će biti:

$$R^2 = r^2 + (\frac{c}{2})^2 \quad \text{gdje je: } R - \text{Dužina užeta u slučaju dizanja sekcije sa četiri užeta} \quad \text{m}$$

r – projekcija dužine užeta u ravnini težišnice

u slučaju dizanja sekcije sa četiri užeta,

odnosno dužina užeta u slučaju dizanja sekcije sa dva užeta m

c – Udaljenost između uški u smjeru os x

u slučaju dizanja sekcije sa četiri užeta m

Prema slici 1 koordinate apscisa uški dobijemo prema izrazima:

$$X_{u\bar{s}1} = X_T - (X_{1S} - X_T')$$
m (2.5)

$$X_{u\bar{s}2} = X_T + X_{2S} + X_T'$$
m (2.6)

za sve tipove sekcija (simetrične ili nesimetrične obzirom na centralnu simetralnu ravninu broda i navoza) kao i za sve slučajeve podizanja sekcija (sa jednom ili dvije dizalice) trebaju biti

Zadane konstante :

1. Koordinate točke težišta sekcije T (X_T, Y_T, Z_T) m
2. Dužina užadi R m
3. Udaljenost između uški c u smjeru osi Y m
4. Kut nagiba navoza α_n (približno 3°)

Dok su izborne nepoznanice:

Zadano	Nepoznato	
4.1 $X_{u\bar{s}2}$	$X_{u\bar{s}1}$	m
4.2 $X_{u\bar{s}1}$	$X_{u\bar{s}2}$	m

Ukoliko vrijednosti zadanih konstanti ubacimo u izraze (2.1) do (2.6) iz izraza (2.5) ili (2.6) ćemo dobiti apscisu lijevog ili desnog para uški. Ukoliko nam lijevi par uški pada u područje neukrepljenog lima i neprihvatljiv je glede čvrstoće temeljnog lima uški, postaviti ćemo lijevi par uški na ukrepljeno područje lima, a računati nepoznatu apscisu desne uške. Ako ni tada ne dobijemo zadovoljavajući rezultat – varirat ćemo dužine užadi standardnih dužina 8, 9, 10, 11 i 12 metara. Ukoliko ni tada ne budemo zadovoljni garancijom lokalne čvrstoće u zoni zavarenog spoja uške i temeljnog lima – ostaje nam posljednja i najskuplja varijanta- ugradnja lokalnih pojačanja ispod uški. Nakon što smo po formuli (2.5) izvršili nagibanje sekcije u ravnini x,z, horizontaliziranje sekcije u ravnini y,z ćemo izvršiti tako da postavimo koordinate uški po širini sekcije na jednakoj udaljenosti lijevo i desno od osi težišnice sekcije. Horizontaliziranje sekcije pri sljubljivanju sekcijskih spojeva u postupku montaže i već montirane sekcije je svakako lakše izvesti ako je sekcija ovješena na dvije dizalice nego ako je ovješena na jednoj dizalici.

1.6. Mogućnost konstrukcije užadi varijabilne dužine

U ovom slučaju oba para uški bi pala na odabrane nosače. Samo jedan par užadi (dizanje sa četiri užeta) bi bio standardan, a drugi bi se, prema potrebi skraćivao ili produživao. U postojećoj praksi brodogradilišta produženje užadi se vrši škopcima («gambetima»). Međutim, da bi se postigla fina regulacija ne samo produženja nego i skraćivanja standardne užadi, bilo bi potrebno ugraditi hidrauličnu priteznicu unutar strukture čeličnog užeta («brage»). Snaga hidrauličnog motora takve priteznice bi odgovarala snazi motora montažne dizalice. U ovakvoj varijanti rješenja trebalo bi izvesti rekonstrukciju postojećih montažnih dizalica ili prići konstrukciji nezavisnih hidrauličnih uređaja koji bi radili «u paru» sa montažnom dizalicom. Uslijed velike vrijednosti investicije u ovoj varijanti rješenja varijanta 2.1, za sada, se jedino primjenjuje.

2. Dimenzijska i težinska kontrola brodskih sekcija

Prilikom gradnje trgovačkih brodova velike nosivosti i velike težine trupa brodovlasnici ne postavljaju stroge zahtjeve glede precizne točnosti podataka težina broda kao sistema, odnosno njegovih sastavnih dijelova brodskih sekcija, niti klasifikaciona društva nisu postavili sistem propisa koji bi uređivali ovo područje. Zato u brodogradilištima i ne postoji praksa obavezne kontrole težina brodskih sekcija, odnosno kontrole rezultata proračuna težina sekcija koji izrađuje Konstrukcioni ured brodogradilišta. Isto tako, «vaganje» sekcija bi olakšalo postupak proračuna težine broda i težišta sistema koje izrađuje Projektni ured brodogradilišta. Izuzetak su, donekle, putnički brodovi gdje brodovlasnik uvodi svoje zahtjeve. Sustav dimenzione kontrole je, također, u području uhodane prakse brodogradilišta, a trebao bi počivati na :

a) Poznavanju toleranci obrade strojeva u Brodoobradi gdje su najviše zastupljeni rezni strojevi (čija točnost se kontrolira posebnim šablonama) i toleranci izrade strojeva za krivljenje limova i profila.

b) Na poznavanju tolerantnog područja deformacija konstrukcije sekcije uslijed zavarivanja. I konačno i najvažnije na:

c) Na dimenzionoj kontroli sekcijskog spoja sekcije.

Dimenziona kontrola sekcijskog spoja je nužna zato da svi limovi i profili pri spajanju sekcije u postupku montaže i montirane sekcije u području sekcijskog spoja «padnu» u jednu ravninu. Isto tako u području stičnog spoja zakrivljenih limova vanjske oplata oba lima u točki dodira trebali bi imati, kod točne izrade elemenata i korektnog postupka zavarivanja, zajedničku tangentu. Kontrolu dimenzija položaja elemenata na sekcijskom spoju ćemo izvršiti na slijedeći način: Na nacrtu sekcijskog spoja je potrebno ucrtati mrežu referentnih pravaca koje će se podudarati sa rubovima elemenata sekcije (limova i profila). Za dvije sekcije koje imaju zajednički sekcijski spoj postupak kontrole položaja elemenata sekcijskog spoja sastoji u usporedbi izmjera referentnih točaka na referentnim linijama Z_1, Z_2, \dots, Z_p , po visini i X_1, X_2, \dots, X_p po dužini

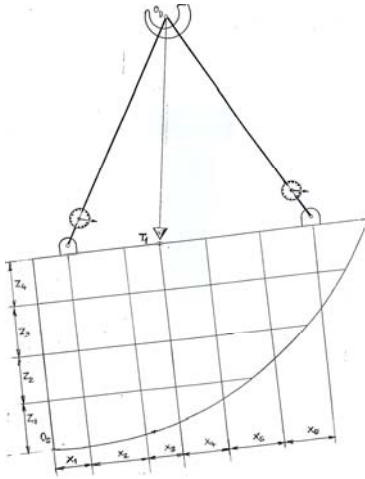
na montiranoj sekciji i pripremanoj sekciji za postupak montaže vidi sliku 2. Isto tako je preporučljivo usporediti izmjerene veličine na sekcijama sa izmjerama na nacrtu. Razumljivo potrebno je također kontrolirati razmake referentnih linija u poprečnom smislu Y_1, Y_2, \dots, A_r .

Gdje je: Z_p – Aplikata pokrova dvodna platforme strojarnice ili palube, m

X_p – Koordinata uzdužne pregrade ili boka broda, Y_r – Koordinata poprečne pregrade m

Na slici 2 su prikazane konture sekcije dvodna sa četiri nivoa nosača po visini i šest nivoa nosača po širini sekcije. U stvarnosti broj referentnih linija će se podudarati sa brojem uzdužnih i

poprečnih nosača (ukrepa ili rebara, sponja itd) i nosača ili ukrepa po visini sekcije. Svrha izvedenog postupka bi trebala biti garancija kvalitete dimenzija položaja elemenata na sekcijском spoju.



Slika 4. Prikaz referentnih linija sekcijского spoja sekcije

Fig. 4 Outline of section's joints structural basic line

3. Zaključak

U postojećem stanju prisutna je šarolikost i nestandardnost dimenzija čeličnih užadi za kopčanje i ovješanje sekcija i svih drugih mjernih i kontrolnih sredstava te u nedostatku sustavnog rješavanja problema dimenzione kontrole. Obzirom da je jedan trup broda sastavljen od reda veličina 100 (stotinu) sekcija i neka brodogradilište godišnje proizvede četiri broda prikazani postupak bi se, samo u jednom brodogradilištu, može primijeniti na 400 stotine sekcija. Primjenom predloženog postupka očekuju se slijedeći efekti:

Proračunom koordinata težišta sekcija i položaja uški osigurat ćemo osnovni uvjet točnog nagibanja sekcije obješene na dizalici, a pravilnom i točnom izradom elemenata i sklopova sekcija kao i dimenzionom kontrolom sekcijских spojeva prije montaže sekcija ćemo osigurati dodatni uvjet stikovanja elemenata sekcije u postupku montaže sa elementima već montirane sekcije. Ako uspijemo postaviti sistem dimenzione i težinske kontrole elemenata sekcija i, naročito, kontrolu dimenzija sekcijских spojeva, tada bi postupak montaže sekcija bio kontroliran i, prema mogućnostima montažnih sredstava, programiran. Na taj način bi: Smanjili vremena zauzeća montažnih dizalica, smanjili rad brodomontera, autogenista, škarpeladura i zavarivača i to u uvjetima rada na skeli, dakle uvjetima opasnim po život. Isto tako, povisili bi kvalitetu izvršenih radova jer bi povećanjem točnosti montaže otpao znatan broj elemenata za poprečno stikovanje limova i profila na sekcijским spojevima. Isto tako, povećanom preciznost stikovanih limova i profila bi dobili manja zazore i zračnosti u pripremi spojeva za zavarivanje pa bi i kvaliteta zavarenih spojeva bila na većem nivou.

LITERATURA

- [1] Timošenko, S. Yang: «Tehnička mehanika», Građevinska knjiga, Beograd 1982.
- [2] J.H. Alberg, E.N. Nilson, J.L. Walsh: «Teorija stikovanja segmenata elastične letvice«, Prijevod sa engleskog na ruski, Moskva 1972.
- [3] Bronštejn, Semendjajev: «Matematički priručnik za inženjere i studente», Moskva 1967.