

Dean Perković, dipl. ing., USCS d.o.o. Pula, Flaciusova 1
Marin Bistričić, dipl. ing., USCS d.o.o. Pula, Flaciusova 1
Kristian Paić, dipl. ing., ULJANIK Brodogradilište, d.d. Pula, Flaciusova 1
Andrej Bonča, dipl. ing., ULJANIK Brodogradilište, d.d. Pula, Flaciusova 1

NOVI OBLIK NACRTA KAO POTPORA EFIKASNIJOJ PROIZVODNJI

Sažetak

Izrada broskog trupa je zahtjevan posao, u velikoj mjeri definiran sadržajem radioničkih nacrtu trupa. U proizvodnji je sve veća potreba za nacrtima čiji će sadržaj biti jednostavno i razumljivo interpretiran, a koji će istovremeno omogućiti kvalitetniju pripremu proizvodnje. Uskladiti mogućnosti CAD aplikacije za generiranje nacrtu trupa i potrebe za određenim izgledom i sadržajem tih nacrtu sa stanovišta proizvodnje, kompleksna je zadaća.

Brodograđevna praksa izrade radioničkih nacrtu broskog trupa podrazumijevala je detaljnu definiciju konstrukcije trupa sa svim detaljima potrebnim za sklapanje osnovne tehnološke cjeline tj. grupe. Takav nacrt služio je za izradu, kao podloga za tehnološku razradu te kao podloga za opremanje. Primjenom CAD sustava, veliki dio konstrukcijskih podataka može se iskoristiti direktno iz 3D modela, pa se radionički nacrt može više „opteretiti“ tehnološkim informacijama potrebnim za sklapanje i ukрупnjavanje pojedine proizvodne faze. Ovakav pristup, zbog povećanja broja listova nacrtu, nužno zahtijeva i određeni nivo automatizacije izrade nacrtu. Automatizacija je ostvarena tako što se, nakon definicije tehnoloških podataka u modelu, za svaki sklop automatski generira list nacrtu sa prikazanom izometrijom sklopa, kotiranim tlocrtom i popisom elemenata.

U ovom radu biti će dan osvrt na problematiku izrade radioničkog nacrtu broskog trupa sa nacrtima sklopova i ukрупnjavanja, kao i opisana iskustva s primjenom u proizvodnji.

Ključne riječi: CAD, konstrukcija broskog trupa, podaci za proizvodnju

NEW HULL STRUCTURE DRAWINGS AS A SUPPORT TO A MORE EFFICIENT PRODUCTION

Summary

The hull structure production is largely defined by the content of hull structure workshop drawings. The production phase requires drawings that will be easy to interpret and also allow a better production preparation. The capabilities of CAD application to generate hull structure drawings have to be compatible with the needs for specific forms and contents from the production point of view, which is a really complex task.

The shipbuilding practice of making the hull workshop drawings implied a detail definition of the hull structure with all the data needed for the assembling of the basic

technological unit, the block. Such a drawing was used for technology data definition, the production, and also as a base for outfitting purposes. With CAD system, many construction data can be used directly from the 3D model, lowering its need to be represented on the drawing. For that reason, the drawing can contain more technological information needed for subassembling and assembling of the specific production phase. Such approach, because of the large number of sheets, implies some automation in drawing generation. That automation is obtained by the generation of specific sheets of drawing representing the isometric view, top view with dimensions and the list of elements for each assembly, taking into account the technology attributes from the model.

The article gives an overview of the problems of hull structure drawings generation with subassemblies and assemblies, altogether with some experiences of its usage in the production.

Keywords: CAD, hull structure, production data

1. Uvod

Radionički nacrt broskog trupa izrađen bez pomoći CAD sustava morao je sadržavati mnogo podataka, jer je služio kao podloga za tehnološku razradu, za izradu te kao podloga za opremanje. Primjenom CAD sustava, veliki dio konstrukcijskih podataka može se iskoristiti direktno iz 3D modela, pa se radionički nacrt može više „opteretiti“ tehnološkim informacijama potrebnim za sklapanje i ukupnjavanje pojedine proizvodne faze. Ovakav pristup, zbog povećanja broja listova nacrtu, nužno zahtijeva i određeni nivo automatizacije izrade nacrtu.

Novi oblik nacrtu trupa sastoji se iz klasičnog dijela nacrtu (prikaz određenih paluba, presjeka na rebrima, hrptenjacija, uzdužnjacija, prikaz detalja i sl.) i novog dijela koji obuhvaća radioničku dokumentaciju sklopova male predmontaže, ukupnjavanje sklopova i nadsklopova u podsekcije i sekcije te trodimenzionalni prikaz panela za svaku pojedinu sekciju s pripadajućom radioničkom specifikacijom.

2. Priprema podataka

Pri izradi svakog od dijelova nacrtu postignuta je određena razina automatizacije. U slučaju izrade klasičnog dijela nacrtu, automatski se dobiva simbolički prikaz elemenata zadanog presjeka ili pogleda s pripadajućim oznakama i osnovnim kotama, dok se novi dio nacrtu gotovo u cijelosti dobiva automatski. Osnovni preduvjet za automatiziranu izradu radioničke dokumentacije je postojanje ažurnog modela strukture trupa broda koji je obogaćen svim potrebnim negrafičkim podacima.

Složenost modela brodske strukture čini unos odgovarajućih negrafičkih podataka isto tako složenim. Iz tog razloga razvijen je niz alata koji olakšavaju unos, izmjenu i kontrolu negrafičkih podataka. Negrafički podaci koje je potrebno ubaciti u model brodske strukture su sljedeći:

- radioničke oznake elemenata,
- tehnološka hijerarhija elemenata (pripadnost grupi, ukupnjenoj sekciji, sekciji, podsekciji, nadsklopu i sklopu),
- podaci o zavarenim spojevima,
- podaci o materijalu.

2.1. Alati za unos, izmjenu i kontrolu podataka

Unos radioničkih oznaka elemenata

Kod unosa radioničkih oznaka elemenata potrebno je voditi računa o tome da elementi koji su jednaki (isti tip elementa, dimenzije, masa, materijal, traserske oznake, itd.) moraju imati istu radioničku oznaku. Iz tog razloga razvijen je alat koji, za zadani raspon, skupu odabranih elemenata dodijeli radioničke oznake vodeći računa o međusobnoj jednakosti elemenata.

Unos tehnološke hijerarhije

Kako model brodske strukture zbog broja elemenata i njihovog rasporeda zna biti dosta nepregledan, razvijeni su alati koji olakšavaju odabir elemenata prilikom definiranja jednog od hijerarhijskih nivoa.

Na primjer, alat za dodjelu oznake sklopa (Slika 1) olakšava odabir elemenata na način da je dovoljno odabrati bazni lim sklopa, pri čemu će se automatski odabrati ukrepe tog lima. Odabranim elementima alat će dodijeliti zadanu oznaku sklopa, podatke o zavarenim spojevima i traserske oznake.

Za definiranje hijerarhijskih razina viših od razine sklopa, koristi se poseban alat koji olakšava odabir elemenata na način da se, kada se odabere element, automatski odaberu elementi niže hijerarhijske razine od zadane. Npr., ukoliko želimo definirati sekciju i odaberemo element koji ima pripadnost nadsklopu, automatski će se odabrati svi elementi tog nadsklopa; ukoliko odabrani element ima pripadnost sklopu, automatski će se odabrati svi elementi tog sklopa; itd.

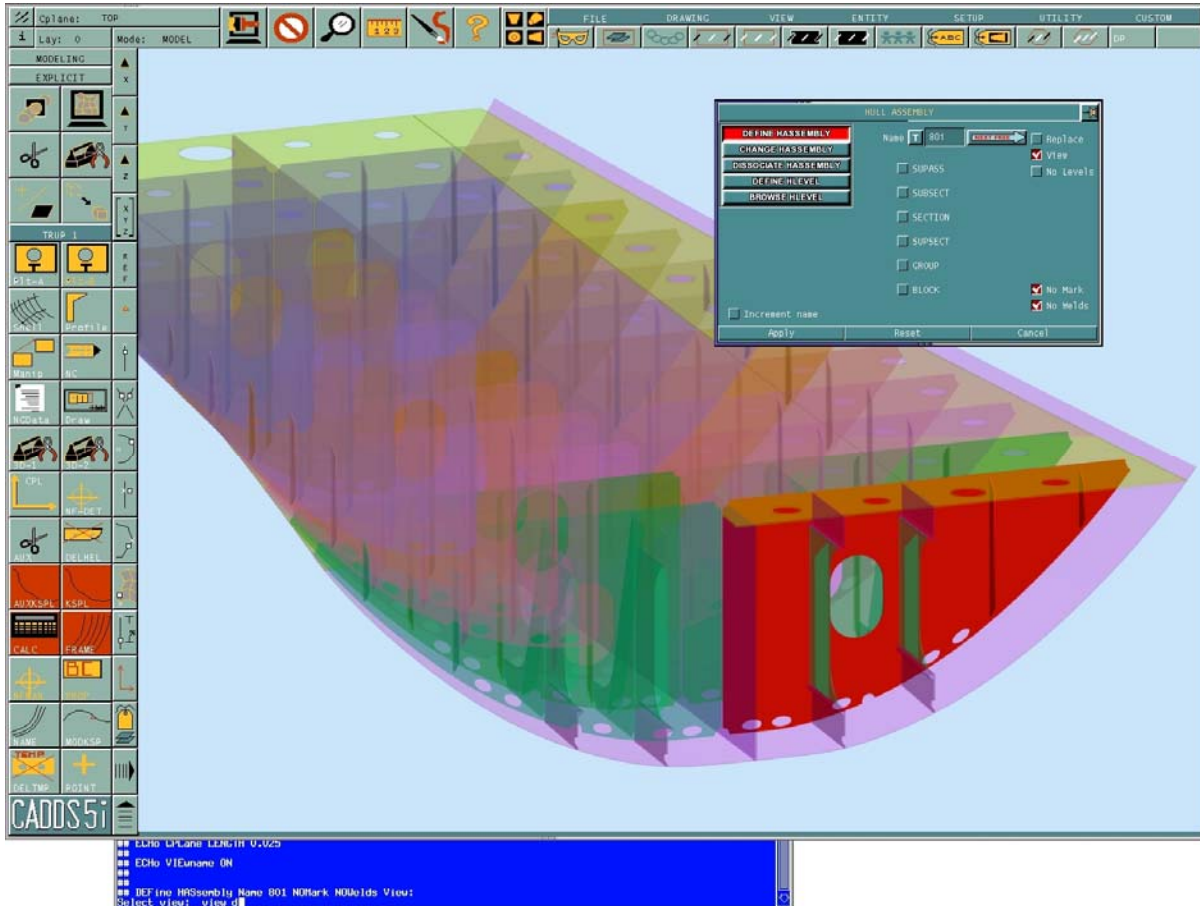


Fig. 1 Assembly definition and control tool

Slika 1 Alat za definiciju i kontrolu sklopova

Za kontrolu tehnološke hijerarhije razvijen je alat koji omogućava kretanje zadanom razinom hijerarhije pomoću tipaka „naprijed – nazad“, pri čemu su elementi koji pripadaju nazivu zadane hijerarhijske razine koju trenutno promatramo označeni crvenom bojom, dok su ostali elementi bijele boje.

Unos podataka o zavarenim spojevima

Podaci o zavarenim spojevima mogu se unositi ručno ili automatizmom. Kod ručnog unosa podataka o zavarima potrebno je odabrati dva elementa koja sudjeluju u zavarenom spoju, zadati standardni tip zavara ili pak definirati obradu rubova, visinu zavara i razmak elemenata prije zavarivanja (gap). Kod automatiziranog unosa podataka o zavarenim spojevima potrebno je odabrati grupu elemenata (ili sve elemente unutar modela), pri čemu se analizira međusobni položaj elemenata, tipovi i debljine elemenata, pa se na mjestima tragova dodira zapisuju odgovarajući standardni tipovi zavara s pripadajućom obradom rubova elemenata i izračunatom potrebnom visinom zavara.

Za razliku od uobičajenih zavara koji povezuju dva elementa, ukazala se potreba za definiranjem zavara koji je vezan samo uz jedan element (npr. kod sekcijskog spoja pri čemu

se susjedna sekcija nalazi u modelu susjedne grupe). Iz tog razloga razvijen je alat za unos informacija o zavarima sekcijskog spoja, koji radi na slijedeći način:

- odabere se standardni tip zavora,
- definira se tip i vrijednost montažnog dodatka,
- definira se napomena vezana uz zavar,
- odabere se kontura elementa na koju želimo postaviti zavar sekcijskog spoja,
- odabere se početna i krajnja točka zavora na odabranoj konturi

Unos podataka o materijalu

Svaki element koji se definira u modelu automatizmom dobiva materijal definiran na razini gradnje. Ukoliko je element napravljen iz materijala povišene čvrstoće, materijal mu se zadaje tijekom definiranja ili naknadno.

Kontrola podataka

Kako bi se olakšala kontrola podataka, napravljen je alat koji provjerava prisutnost i ispravnost svih potrebnih podataka na koje se oslanja automatizirana izrada nacрта. Ukoliko je pronađena neka neispravnost, detalji se zapišu u datoteku.

2.2. Povezanost podataka iz modela s prikazom na nacrtu dobivenim automatizacijom

Povezanost podataka iz modela s prikazom na nacrtu dobivenim automatizacijom prikazana je u slijedećoj tablici:

Podatak u modelu	Podatak u nacrtu
Element	<ul style="list-style-type: none"> • ukoliko element leži u ravnini pogleda, prikazane su odgovarajuće konture elementa • ukoliko je element okomit na pogled, prikazana je njegova simbolička reprezentacija • ukoliko je element presječen ravinom pogleda, prikazuje se kontura presjeka elementa • osnovne kote • izometrijski prikaz sa skrivenim nevidljivim bridovima
Radioničke oznake elemenata	<ul style="list-style-type: none"> • labele s radioničkim oznakama elemenata • tablica radioničke specifikacije
Tehnološka hijerarhija elemenata	<ul style="list-style-type: none"> • generiranje listova nacрта male predmontaže • generiranje listova nacрта ukрупnjavanja • generiranje listova nacрта panela
Podaci o materijalu	<ul style="list-style-type: none"> • oznaka materijala izrade elementa ukoliko je element izrađen od materijala povišene čvrstoće

Podatak u modelu

Podaci o zavarenim spojevima

Podatak u nacrtu

- oznaka sekcijskog spoja
- simbol i tip zavara
- napomena vezana uz zavar
- visina i duljina zavara u tablici radioničke specifikacije

3. Izrada nacрта

Nakon definicije modela te unosa svih negrafičkih podataka, stvoreni su uvjeti za izradu nacрта, gdje se uspostavlja veze između modela i nacрта koji ga prikazuje.

3.1. Alati za generiranje presjeka brodske strukture

Osnovna problematika kod izrade nacрта je izvlačenje svih potrebnih presjeka broskog trupa te prikaz detalja. U sustavu CADD/STRIDENT, ta problematika se svodi na definiciju pogleda na model u ravnini željenog presjeka u određenom mjerilu te prikaz elemenata dobivenog pogleda brodograđevnom simbolikom. Ove se radnje mogu odraditi alatima osnovnog paketa CADD, međutim, zbog ubrzavanja izrade nacрта izrađeni su alati koji olakšavaju ovaj postupak.

Odabiranje pogleda u modelu

Uobičajeni postupak definicije pogleda na model određenog presjeka je definiranje lokalnog koordinatnog sustava na tom presjeku te nakon toga definicija pogleda čija je matrica transformacije koordinata određena matricom transformacije tog koordinatnog sustava. Pri tome se koordinatni sustav definira pomoću tri lokacije ili translacijom ishodišta postojećeg.

Kako se veliki dio elemenata konstrukcije trupa nalazi u ravninama čije su normale upravo osi koordinatnog sustava broda, napravljen je alat kojim je omogućeno definiranje pogleda „šetanjem“ po modelu u smjerovima glavnih osi koordinatnog sustava broda. Alat koja omogućava ovakvu definiciju pogleda, za definiranu os (X, Y ili Z) prikuplja sve ravnine okomite na nju, u kojima postoje elementi konstrukcije. Te ravnine definiraju korak pomicanja unutar pogleda. Omogućeno je i definiranje pogleda određenog mjerila na eksplicitno definiranoj koordinati ili rebru.

Zbog potrebe definiranja nacрта tehnoloških jedinica, napravljena je instrukcija koja omogućava definiciju pogleda koji prikazuje izometriju ili tlocrt tehnološke cjeline postavljene na tehnološku bazu. Tehnološku bazu u modelu predstavlja određeni element koji ima zadan taj atribut ili se kao baza uzima element najveće površine.

Generiranje presjeka

Nakon definiranja pogleda na model u ravnini željenog presjeka, potrebno je „simbolizirati“ taj presjek, tj. prikazati elemente brodograđevnom simbolikom. Alat kojim se generira ovakav presjek analizira elemente presjeka i pridružuje im odgovarajući simbolički prikaz.

Odabirom se može isključiti prikazivanje radioničkih oznaka i debljina, a može se odabrati i lokacija kroz koju će biti definirana presječna ravnina paralelna s pogledom.

Automatsko generiranje glavnih kota

Instrukcija koja stvara geometriju presjeka modela strukture trupa, ima mogućnost generiranja glavnih kota uobičajenih u brodograđevnom nacrtu. Ovisno o tipu ravnine presjeka generiraju se slijedeće kote:

Uzdužni presjeci (horizontalni ili vertikalni):

- razmaci uzdužnjaka, kao i njihove kumulativne kote,
- širine limova kotirane na lijevoj strani nacrtu,
- gabariti presjeka,
- rebra,
- kote između ekstremnih točaka presjeka i njima najbližih rebara.

Poprečni presjeci:

- razmaci uzdužnjaka, kao i njihove kumulativne kote,
- širine limova kotirane na lijevoj strani nacrtu,
- gabariti presjeka.

3.2. Alati za rad s labelama

Labele su tekstovni prikazi atributa pojedinih elemenata (radionička oznaka, debljina, tip kraja, oznaka sklopa i sl.). Labele koje se dobiju alatima za generiranje presjeka modela strukture mogu se naknadno uređivati alatima za rad sa labelama. Ukoliko smo pak kod generiranja presjeka strukture isključili automatsko generiranje labela, one se mogu naknadno definirati.

Prilikom definiranja labela radioničkih oznaka i dimenzija elemenata, tekstovi koji će se prikazati unutar labela čitaju se iz elementa kojemu labela pripada i postavlja se veza između elementa i definirane labele.

Prilikom kreiranja ostalih oznaka, tekstovi koji će se prikazati unutar oznaka mogu se zadati proizvoljno ili se pojedina oznaka može povezati sa elementom, pri čemu se tekstovi za prikaz čitaju iz odabranog elementa.

Svim oznakama koje imaju vezu prema elementima moguće je osvježiti prikaz na osnovi trenutnog stanja u modelu. Npr., ukoliko smo nekim elementima mijenjali radioničku oznaku, alat za osvježavanje labela promijeniti će tekst svim labelama koje prikazuju radioničke oznake tih elemenata. Radioničku oznaku elementa možemo mijenjati i tako da odaberemo labelu ili simbolički prikaz elementa umjesto samog elementa u modelskom prostoru, pri čemu će se promijeniti radionička oznaka elementa i tekstovi svih labela koje je prikazuju.

Alat za provjeru labela označava sve labele koje nisu povezane s elementom, a prikazuju neke od atributa elementa.

3.3. Sortiranje listova nacrtu i distribucija

Gotov radionički nacrt broskog trupa, zbog nacrtu sklopova, sadrži velik broj listova. Manualna numeracija listova bila bi mukotrpa, pa se listovi nacrtu automatizmom sortiraju prema unaprijed dogovorenim pravilima. Zbog zahtjeva distribucije, sortiranje se vrši na slijedeći način:

1. Listovi nacrtu sklopova male predmontaže sortirani po sekcijama,
2. Izometrije i popisi elemenata svih ostalih jedinica (sekcije, podsekcije, paneli, ...),
3. Globalni nacrt grupe.

Za distribuciju se generiraju tri dokumenta u PDF formatu, koji sadrže slijedeće:

1. nacrtu sklopova male predmontaže,
2. globalan nacrt grupe sa izometrijama i popisima elemenata svih ostalih jedinica,
3. komplet (zajedno točke 1. i 2.).

4. Izrada nacrtu sklopova

U sklopu radioničkog nacrtu trupa izrađuju se nacrti sklopova, koji olakšavaju izradu ovih predmontažnih jedinica. Da bi se izbjegla upotreba više dokumenata za njihovo sklapanje, nacrt sklopa mora sadržavati sve informacije potrebne za sklapanje.

4.1. Struktura nacrtu sklopa

Nacrt sklopa sastoji se od sljedećih dijelova (Slika 2):

1. izometrija sklopa,
2. popis elemenata,
3. tlocrt sklopa,
4. ostali potrebni detalji i presjeci.

4.2. Postupak izrade nacrtu sklopova

Izrada nacrtu sklopova je poluautomatiziran proces koji pokretanjem instrukcije generira nacrtu svih željenih sklopova. Pri tome se automatski generiraju sljedeći dijelovi:

- izometrija sklopa s prikazanim koordinatnim sustavom broda,
- popis elemenata s osnovnim karakteristikama,
- tlocrt sklopa s oznakama elemenata, glavnim kotama te simbolima zavara definiranim u modelu.

Nakon automatskog generiranja nacrtu sklopova, konstruktor za svaki sklop provjerava kompletnost podataka te nadopunjuje ostatak potrebnih kota, oznaka i detalja (Slika 3 i Slika 4).

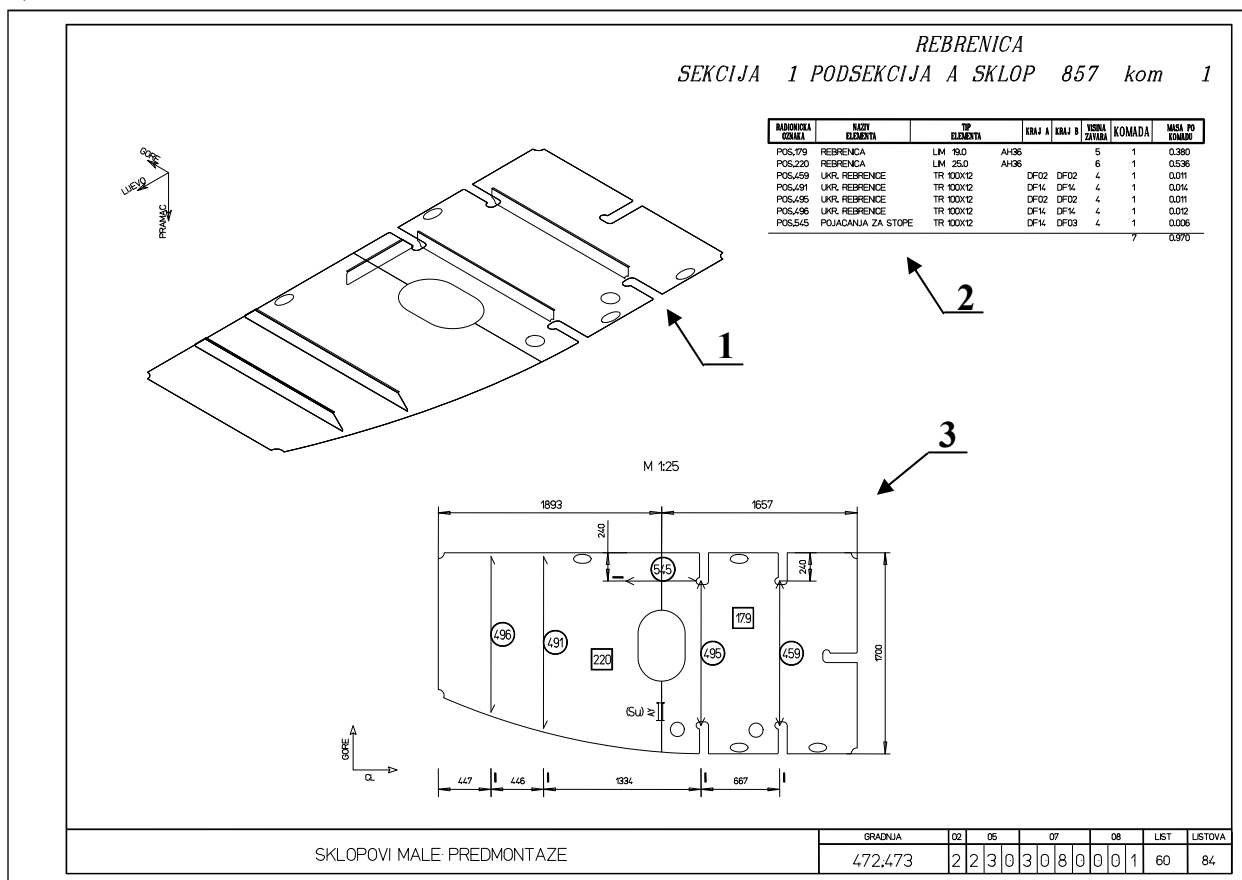


Fig. 2 Assembly drawing structure

Slika 2 Struktura nacrtu sklopa

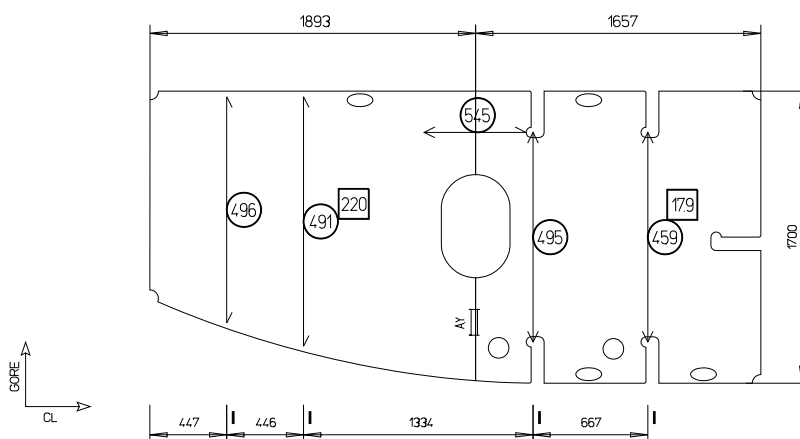


Fig. 3 Automatically created assembly drawing

Slika 3 Automatski dobiven nacrt sklopa

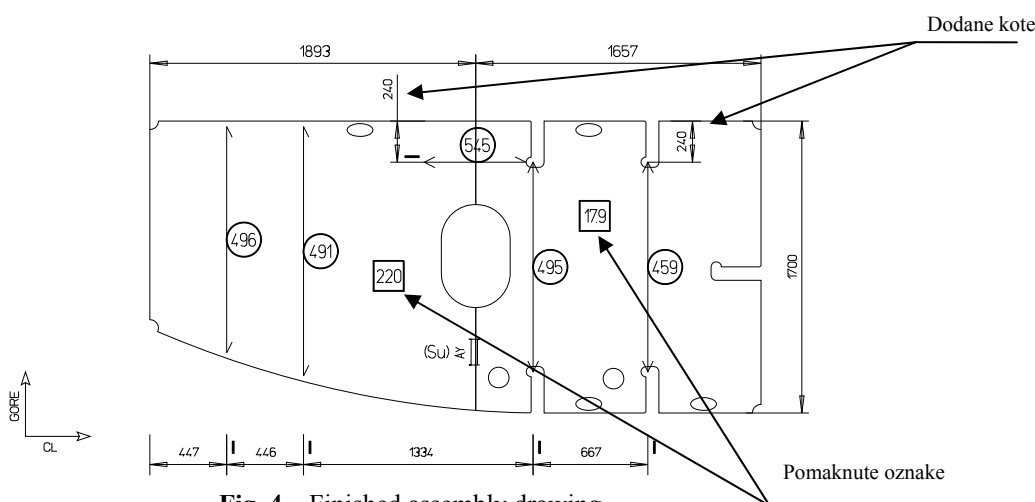


Fig. 4 – Finished assembly drawing

Slika 4 – Doraden nacrt sklopa

4.3. Algoritam izrade nacrtu sklopova

Izvor podataka za generiranje nacrtu sklopova su podaci definirani u modelu, pri čemu se za svaki sklop koji je korisnik odabrao izvršava slijedeće:

Određivanje referentnog koordinatnog sustava sklopa

Referentni koordinatni sustav za prikazivanje nacrtu sklopa definira se tako da je XY ravnina tehnološka baza sklopa, koja može biti definirana u modelu kao atribut određenog elementa, a ukoliko to nije slučaj, uzima se element najveće površine u tom sklopu. Smjer Z osi referentnog koordinatnog sustava određuje se tako da veći dio elemenata sklopa ima pozitivnu Z koordinatu. Orijentacija osi referentnog koordinatnog sustava sklopa ovisi o prethodno određenoj XY ravnini, a da bi nacrt sklopa bio u skladu s globalnim koordinatnim sustavom broda, osi se usmjeravaju prema jednoj od glavnih osi.

Definicija izometrijskog prikaza sklopa

Izometrijski prikaz sklopa (koristeći izračunati referentni koordinatni sustav) definira se određivanjem pogleda s predefiniranim dimenzijama, a mjerilo se definira tako da se sklop maksimalno „razvuče“. Postavlja se u gornji lijevi dio nacrtu sklopa na predefiniranu poziciju. Uz izometrijski prikaz generira se i prikaz osi globalnog koordinatnog sustava broda kao pomoć za orijentaciju.

Definicija tlocrta sklopa

Tlocrt sklopa definira se određivanjem pogleda s predefiniranim maksimalnim pravokutnikom gdje se mjerilo određuje „razvlačenjem“ sklopa do maksimalnog pravokutnika, uz uvjet da je mjerilo standardno. Dimenzije i smještaj maksimalnog pravokutnika tlocrta ovise o tome je li njegova visina veća od širine (slika 5 i slika 6). Nakon definicije pogleda standardnog mjerila, generira se presjek u ravnini sklopa s automatskim generiranjem glavnih kota prema pravilima opisanim u 3.1.

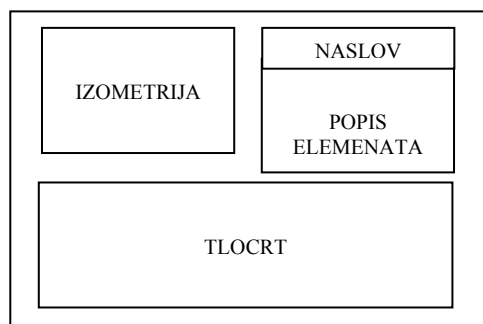
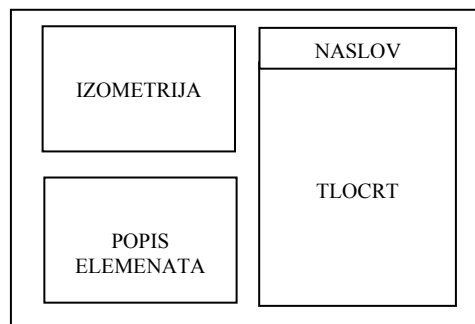


Fig. 5 – Top view width greater than height **Fig. 6** - Top view height greater than width

Slika 5 - Širina tlocrta veća od visine



Slika 6 - Visina tlocrta veća od širine

5. Izmjene nacрта sklopova

Većina nacрта broskog trupa u praksi doživljava izmjene koje mogu biti jednostavne, ali i vrlo složene. Prilikom izmjena, potrebno je ažurirati sve podatke koje sadrže informacije o izmijenjenim dijelovima strukture. S obzirom da su nacrti sklopova izrađeni automatizmom te nakon toga u većoj ili manjoj mjeri doručeni, izrađeni su alati za osvježavanje prikaza koji ne mijenjaju podatke manualno dodane od strane korisnika.

6. Zaključak

Obogaćivanjem sadržaja radioničkog nacрта nacrtima sklopova, olakšava se njihova izrada. Brodomonteri dobivaju samo nacrt proizvoda (sklopa) koji moraju izraditi sa svim potrebnim detaljima i kotama, a bez suvišnih detalja i oznaka prisutnih u klasičnom nacrtu zbog drugih razloga.

U Brodogradilištu Uljanik postoji tendencija za premještanjem lokacije proizvodnje sklopova male predmontaže te je ovakav pristup sukladan i toj funkciji.

Sama izrada i kontrola radioničkih nacрта je nešto složenija jer zahtjeva manipulaciju sa većim brojem listova i njihovo održavanje, što je posebno izraženo prilikom izmjena. Povećavanje složenosti izrade nacрта kompenzira se određenim stupnjem automatizacije izrade i održavanja nacрта.

U slijedećem razdoblju nastaviti će se sa doručivanjem ovog oblika nacрта, prvenstveno u smjeru dodavanja elemenata koji se u sklopove montiraju, a nisu dio brodske strukture (kabelski prolazi, prečanice i sl.). Isto tako, potrebno je postići veći stupanj automatizacije u generiranju svih potrebnih kota i detalja vezanih za pojedini sklop.

LITERATURA

- [1] „TRIDENT sustav - Struktura trupa broda“ – korisnički priručnik, USCS d.o.o., siječanj 2008.
- [2] „Osnovna tehnologija gradnje broda – gradnja 472“ , tehnološka uputa, Brodogradilište Uljanik, listopad 2005.