

Saunders, Hydrodynamics in ship design, New York 1957. — A. Lab, J. D. van Manen, Fundamentals of ship resistance and propulsion, Haarlem 1958. — H. Kossel, L. Charman, Principles of naval architecture, New York 1958. — Я. И. Войткунский, Теория волн и волнового сопротивления, Ленинград 1959. — Я. И. Войткунский, Р. Я. Першиц, И. А. Тимов, Справочник по теории корабля, Ленинград 1960. — K. T. Braun, Herstellung von Schiffschrauben, Leipzig 1960. — G. Vossers, Fundamentals of the behaviour of ships in waves, Rotterdam 1961. — B. V. Korvin-Kroukovsky, Theory of seakeeping, New York 1961. — K. K. Федряевский, Г. Б. Соболев, Управление корабля, Ленинград 1963. — А. М. Басин, И. Я. Мишинович, Теория и расчет гребных винтов, Ленинград 1963. — Я. И. Войткунский, Сопротивление воды движению судов, Ленинград 1964. — The Shipbuilding Research Association of Japan, Design charts for the propulsive performances of high speed cargo liners, Tokio 1964.

Čvrstoća broda. W. Dahlmann, Festigkeit der Schiffe, Berlin 1925. — П. Ф. Папкович, Теория упругости, Ленинград-Москва 1939. — П. Ф. Папкович, Строительная механика корабля, Москва, 1945/57. — F. Sinzig, Čvrstoća broda, Zagreb 1951. — F. Bart, Festigkeitsberechnung im Stahlschiffbau, Leipzig 1957. — В. В. Давыдов, Н. В. Маттес, И. Н. Сиверцев, Учебный справочник по прочности судов внутреннего плавания, Москва 1958. — F. H. Todd, Ship hull vibration, London 1961. — А. А. Кудрямов, Вибрация корабля, Ленинград 1963.

Konstrukcija, gradnja i oprema broda. H. F. Garyantes, Handbook for shipwrights, New York—London 1944. — А. И. Балкашин, Технология кораблестроения, Ленинград—Москва 1946. — A. Mengoli, Scafi metallici, Genova 1952. — A. Mengoli, Scafi in legno, Genova 1953. — A. Mengoli, Complementi di costruzioni navali, Genova 1954. — F. L. Bullen, Ventilacija i grijanje brodova (prijevod s engleskog), Zagreb 1955. — V. K. Dormidontov, Tehnologija brodogradnje (prijevod s ruskog), Zagreb 1957. — H. Meussling, Der Schiffsinneausbau, Leipzig 1957. — E. Chicot, Construction du navire de commerce, Paris 1960. — J. P. de Naam, Rigging, equipment and outfit of seagoing ships, Haarlem 1951. — G. de Rooy, Steel ship construction, Haarlem 1961. — G. Blake, Lloyd's Register of Shipping 1760—1960, Crawley 1961. — А. В. Александров, Судовые системы, Ленинград 1962.

Brodski pogonski i pomoćni strojevi. G. Bauer, Der Schiffsmaschinenbau, München 1941. — W. Ulrich, Schiffsdieselmotoren, Leipzig 1942. — J. M. Lobberton, Marine engineering, New York-London 1943. — П. И. Тимов, Судовые силовые установки, Ленинград 1951. — Б. А. Горбунов, Ф. Л. Юдицкий, Конструкция судовых паровых машин, Москва 1953. — П. П. Акимов, Судовые силовые установки, Москва 1956. — W. Leder, Schiffsmaschinenkunde, Leipzig 1957. — А. Г. Курзон, Судовые паровые и газовые турбины, Ленинград 1958. — М. Милутић, Brodski pomoćni strojevi i uređaji, Zagreb 1958. — E. Ludwig, K. Selies, Handbuch für Schiffingenieur und Seemaschinenisten, Braunschweig 1958. — G. Broersma, Marine reduction gears, Haarlem 1961. — А. И. Голубченко, Т. Е. Эльман, Судовые силовые установки, Ленинград 1962. — А. Г. Курзон, О. Г. Литаврин, Е. В. Петров, В. А. Потаев, А. Г. Хорозьян, А. Л. Чертов, Р. М. Юшкевич, Судовые паровые и газовые турбины, Ленинград 1962. — В. А. Ванинцев, Судовые двигатели внутреннего сгорания, Ленинград 1962. — А. П. Арцыков, В. Ф. Воронов, Судовые вспомогательные механизмы, Ленинград 1963.

Projektiranje broda. B. Labtev, Osnove projektiranja trgovačkih brodova (prijevod s ruskog), Zagreb 1951. — H. Herner, R. Verhoussek, Entwurf und Einrichtung von Handelsschiffen, Leipzig 1945. — H. Zenneke, Das Schiff und seine wirtschaftliche Gestaltung, Leipzig 1954. — A. Kari, Projektiranje i troškovi gradnje trgovačkih brodova (prijevod s engleskog), Zagreb 1954. — J. Molenaar, Osnivanje i oprema broda (prijevod s holandskog), Zagreb 1955. — D. Arnott, Design and construction of steel merchant ships, New York 1955. — G. C. Maning, The theory and technique of ship design, New York-London 1956. — J. C. Arkenbout-Schokker, E. M. Neuberger, E. J. Vossnach, B. Burghgraef, The design of merchant ships, Haarlem 1957. — Б. М. Смирнов, Экономический анализ при проектировании морских судов, Ленинград 1961. — Л. М. Нойд, Проектирование морских судов, Ленинград 1964.

Eksperimentalna istraživanja u brodogradnji. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Standardization trials code, New York 1949. — The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Code on instruments and apparatus for ship trials, New York 1952. — North East Coast Institution of Engineers & Shipbuilders, Ship trials and service performance analysis, Newcastle upon Tyne 1960.

S. Šilović S. Ercegović V. Podlesnik
J. Uršić A. Leibenfrost M. Molnar
A. Vučetić J. Šretner A. Sentić
M. Mikuličić M. Fancev

BRODOGRADILIŠTE, poduzeće za gradnju i popravke brodova. Postoje uglavnom tri vrste brodogradilišta: autonomna brodogradilišta, montažna brodogradilišta i brodogradilišta za popravke brodova.

Autonomna brodogradilišta mogu u svojim pogonima, osim trupa broda, proizvesti i glavne pogonske strojeve, pomoćne strojeve i osnovne dijelove opreme broda. Drugim riječima, autonomna brodogradilišta nabavljaju poluproizvode i fabrikate pa izrađuju i trup i opremu broda. Potpuno autonomnog brodogradilišta nema, jer sva brodogradilišta moraju kupovati specijalnu opremu, navigacijske i ostale instrumente itd. Brodogradilišta mogu imati u svom sastavu čak i valjaonice limova i profila, tj. izrađivati i polufabrikate, ali to je rjeđi slučaj.

Montažno brodogradilište je brodogradilište u užem, običajnom smislu. U takvom brodogradilištu obrađuju se limovi i profili i izrađuje samo trup broda, a sve ostalo se nabavlja i montira. Osnovni princip organizacije brodogradilišta je jeftina izgradnja trupa broda, povoljna nabava opreme i minimalni troškovi ugradnje opreme u trup. Međutim, da li će se neko brodogradilište osnivati samo ili pretežno za izradu trupa, to ne ovisi jedino o onome tko osniva brodogradilište nego i o tome gdje je brodogradilište locirano. Brodogradilišta sjeverne Evrope, dakle u zemljama koje

imaju razvijenu metalnu i ostalu industriju, mogu se organizirati i samo za gradnju trupa broda. Brodogradilišta u manje razvijenim industrijskim zemljama, koja opremu kupuju u inozemstvu, nužno moraju imati izvjesne pogone za izradu opreme, jer dugi rokovi isporuke i visoki transportni troškovi iziskuju da se neki dijelovi opreme izrađuju u brodogradilištu. Zato brodogradilišta osnovana u Njemačkoj, Engleskoj, Francuskoj, Nizozemskoj itd. imaju jako razvijene brodogradevne odjeljenja (brodogradevne radionice i navoze), a ostale radionice, kao strojogradevne, cjevovodne, bravarске, električarske itd. tek su toliko velike da mogu poslužiti kao priručne radionice potrebne za montažu opreme.

Brodogradilišta za popravke brodova, ako se bave isključivo popravcima, razlikuju se od ostalih brodogradilišta po tome što su im svi pogoni podjednako razvijeni. Brodogradilišta često grade nove i popravljaju stare brodove. Iako se tehnološki kapaciteti gradnje brodova prilično razlikuju od radova na popravcima, brodogradilišta se bave jednim i drugim poslovima da bi mogla ravnomjernije zaposliti svoje kapacitete. Kad prestane konjunktura narudžbi novih brodova, uravnotežuje se opterećenje kapaciteta popravcima. Da bi za vrijeme krize uposila svoje kapacitete, brodogradilišta se bave poslovima koji nemaju veze s brodovima: izrađuju čelične konstrukcije, rezervoare i slično. U zemljama s razvijenom brodogradevnom industrijom postoje i brodogradilišta specijalizirana za gradnju određenog manjeg broja tipova brodova međusobno sličnih u pogledu tehnologije izgradnje. Ima npr. brodogradilišta koja grade samo trampere. Ratne mornarice nekih država imaju svoja brodogradilišta samo za izgradnju ratnih brodova (Amerika, SSSR, Francuska itd.). Brodogradilišta ratne mornarice su povezana s mornaričkim bazama, koje su skup mornaričkih pogona, skladišta i obala u sklopu ratne luke.

Treba razlikovati morska od riječnih brodogradilišta. Brodogradilišta na moru imaju po pravilu uzdužne navoze i porinjaju brodove uzdužno. Riječna brodogradilišta imaju bočne navoze i porinjaju bočno. Riječni brodovi rijetko kada prelaze veličinu od 1500 tona nosivosti, pa su riječna brodogradilišta, s obzirom na strojeve i uređaje, relativno manja.

Poznato je kako su izgledali brodovi starog i srednjeg vijeka, zna se dosta i o njihovoj konstrukciji i opremi, ali jedva da se išta zna kako su izgledala brodogradilišta gdje su se ti brodovi gradili. Uglavnom su to bile dobro zaštićene površine na morskoj obali ili na ušćima rijeka. U Evropi te osnovni materijal za gradnju brodova bio hrast, pa se nastojalo da brodogradilišta budu blizu hrastovih šuma ili na takvim mjestima do kojih se lako dopremala u prvom redu hrastova, a zatim borova grada. Drveni brodovi su se gradili ručnim alatom na otvorenim kosim diljevima pa su se na jednostavnim saonicama porinjalu u more, tako da nisu bile potrebne velike investicije (sl. 1).

Do početka XVIII st. brodogradnja se smatrala umjetnošću. Nisu postojali nacrti ni proračuni već su se brodovi gradili prema iskustvima stečenim ranije izgrađenim brodovima i prema intuiciji brodograditelja. Industrijska revolucija izazvana izumom parnog stroja odrazila se je i u brodogradnji. Balvani su se počeli piliti u daske pomoću stroja, pa su se gradevni dijelovi broda brže izrađivali. Sve je to utjecalo na to da se gradnja drvenih brodova, koji su se sve više i više tražili, razvila u organizirani rad većeg obima. Ali tek kad se u brodogradnji počeo upotrebljavati čelik kao gradevni materijal i kad se za pogon broda počeo ugrađivati parni stroj, brodogradilišta su stvarno postala industrijska poduzeća.



Sl. 1. Gradnja drvenog broda u Srednjem vijeku

Dok su se građevni dijelovi čeličnih brodova spajali zakivanjem, gradnja čeličnih brodova nije se mnogo razlikovala od gradnje drvenih. Osnovna zajednička karakteristika bila je da su se u radionicama obrađeni građevni dijelovi pojedinačno nosili na navoz i tamo montirali. Gradnja broda na navozu, građevni dio po građevni dio, trajala je dugo; stoga, da bi neko brodogradilište moglo izgraditi mnogo brodova, moralo je imati velik broj navoza.

Poslije završetka Prvoga svjetskog rata, a naročito 30-tih godina ovog stoljeća, došlo je do temeljite promjene u načinu gradnje čeličnih brodova. Umjesto zakivanja uvedlo se spajanje građevnih dijelova broda zavarivanjem. Primjena elektrozavarivanja omogućila je gradnju brodova u sklopovima, tzv. sekcijama, i to u radionicama. Težine sekcija izrađenih u radionicama kreću se između 20 i 50 tona, ali ih ima i od 70 tona, pa i preko te težine. Predmontiranje sekcija zavarivanjem u radionicama pojeftinjuje rad i skraćuje vrijeme trajanja montaže na navozima, npr. za teretni brod od 10 000 tona nosivosti od 10 mjeseci na 3...3,5 mjeseca, a u iznimnim slučajevima čak i na kraće vrijeme. Danas su velikim brodogradilištima s godišnjom proizvodnjom 10...15 trampera od 10 000 tona nosivosti dovoljna 3 ili 4 navoza.

Kapacitet i veličina brodogradilišta se prilično teško definiraju jer je proizvodnja broda tipično individualna. Kapaciteti ostalih industrijskih poduzeća se određuju prema broju odnosno količini proizvoda, kapacitet brodogradilišta, pak, ne može se odrediti brojem brodova, jer brodogradilište gradi jedanput veće brodove, drugi put manje, jedanput jednostavan bran (tramper), drugi put kompliciran (razarač) itd. Zbog toga se kapacitet brodogradilišta definira većim brojem pokazatelja, kao što su: količina obrađenih proizvoda crne metalurgije godišnje, broj uposlenih radnika, dužina i broj navoza, dužina i dubina opremnih obala, godišnji bruto prihod. Da bi se jedno brodogradilište moglo ocijeniti s obzirom na kapacitet, mora se obuhvatiti još niz drugih podataka, npr. kapacitet dizalica u radionicama i navozima, mogućnost obrade limova s obzirom na njihovu debljinu, itd.

Brodogradilišta mogu biti vrlo različite veličine: od male zanatske radionice sa nekoliko desetaka radnika pa do golemog industrijskog poduzeća sa 20 000 i više radnika. Vrlo velika brodogradilišta sa preko 15 000 radnika su rijetkost, jer im je jedina prednost razmjerno manji broj upravnog osoblja, a nedostaci su im brojni. Za tako veliko brodogradilište teško je naći pogodan teren, uprava i kontrola daleko su od pogona, otežane su unutarnje komunikacije, nastaju poteškoće u smještaju radnika itd. Stoga se na pretežnom broju brodogradilišta broj radnika kreće od 2000 do 12 000, računajući broj radnika u danjoj smjeni. Međutim, broj radnika ne daje uvijek pravu sliku o kapacitetima brodogradilišta. Neka brodogradilišta u iznimnim slučajevima (za vrijeme rata) nabavljaju ne samo kompletno dovršenu opremu nego i gotovo potpuno obrađen sav čelični materijal za trup broda, tako da se brod u brodogradilištu samo montira. Takvo je brodogradilište bilo, npr., Hog Island Yard, sagrađeno 1917 kod Filadelfije. Ono je izvana primalo 95% obrađenog materijala pripremljenog za montažu. Tako organizirano brodogradilište dovršava s istim brojem radnika mnogo više brodova nego konvencionalno brodogradilište. Ipak, takva čisto montažna brodogradilišta su izuzeci, pa je pri projektiranju novog brodogradilišta jedan od osnovnih pokazatelja prema kojem se određuje veličina brodogradilišta ipak broj uposlenog osoblja.

Određena godišnja proizvodnja brodogradilišta koje treba osnovati (broj brodova ili ukupna nosivost brodova određenog tipa) zahtijeva odgovarajući broj osoblja, koji se približno može odrediti prema nekim okvirnim normativima. Npr., za standardne teretne brodove nosivosti 4000...8000 t vrijede ovi normativi i omjeri: Za izgradnju trupa treba 120...140 radnih sati po 1 toni materijala. Za ostale radove, uključivo i montažu opreme, treba 180...210 radnih sati po toni. Težina tzv. suhog broda je opet 40...50% njegove nosivosti, a težina trupa predstavlja 62...68% težine suhog broda. To znači da za izgradnju 1 tone nosivosti broda treba ~ 80 radnih sati, tj. npr. za izgradnju broda od 8000 tona nosivosti treba ~ 640 000 radnih sati. Ako brodogradilište treba godišnje sagrađiti 10 brodova od 8000 t DW, bit će potrebno potrošiti ~ 6 400 000 radnih sati, pa uzevši da jedan radnik ostvari godišnje ~ 2400 radnih sati, izlazi da će brodogradilište trebati ~ 2770 radnika. Broj ostalog osoblja (režijski i pomoćni radnici, tehničko i administrativno osoblje, čuvari itd., ne računajući učenike u privredi) kretat će se od 35...50% broja proizvodnih radnika na licu, što znači da će takvo brodogradilište imati ~ 3500 ukupno uposlenih osoba. Za izgradnju većih brodova, naročito standardnih trampera i velikih tankera, navedeni normativi su niži.

Izbor terena i smještaj brodogradilišta. Teren za brodogradilište treba da zadovoljava brojne zahtjeve. Mora biti na mor-

skoj obali ili na obali veće plovne rijeke koja je u vezi s morem, ako se u brodogradilištu grade i morski brodovi. Obala mora biti takva da se na njoj mogu sa što manje troškova izgraditi navozi za gradnju brodova i opremne obale za opremu i remont brodova. Poželjno je da sastav terena bude čvrst i otporan, tako da može izdržati pritiske u predjelu navoza, naročito pri porinuću, i pritiske teških strojeva i dizalčnih stupova u radionicama. Poželjno je i da konfiguracija terena bude takva da nisu potrebni veliki radovi na iskopima i nasipima. Akvatorij brodogradilišta mora imati dubinu dovoljnu za porinuće brodova i za privez brodova uz opremnu obalu, ali prevelika dubina nije dobra jer poskupljuje pomorsko-gradevinske radove. Akvatorij treba također da je pogodne veličine i odgovarajućeg oblika, da bi brodovi mogli dolaziti i odlaziti, da bi se mogli nesmetano porinuti i premještati s veza na vez.

Velika je prednost ako je brodogradilište smješteno u blizini željezničke pruge, tako da se materijal može dopremiti željeznicom. Prednost je i blizina grada ili većeg naselja u kojem postoji neka metalna industrija, zbog snabdijevanja radnom snagom i stručnog školovanja kadrova. Poželjna je blizina elektrocentrale ili pogodan priključak na vod visokog napona. Konačno, pri izboru mjesta za brodogradilište treba voditi računa i o strateškim uvjetima.

Teško je naći teren koji bi odgovarao svim navedenim uvjetima. Zbog toga je rješenje osnove brodogradilišta po pravilu uvijek kompromisno.

Pogoni brodogradilišta. Brodogradilište ima proizvodna odjeljenja koja su potrebna da se brod izgradi i opremi. Najvažnije je brodograđevno odjeljenje. Ostala odjeljenja razvijena su prema tome da li se dijelovi za ugradnju nabavljaju, ili se proizvode u brodogradilištu, ili se dijelom izrađuju a dijelom nabavljaju.

Brodograđevno odjeljenje ima ove radionice i radne površine: slagalište limova i profila, crtaru ili toranj za projiciranje ili oboje, radionicu za označivanje, radionicu za obradu građevnih dijelova, radionicu za malu predmontažu podsklopova, međuskladište za odlaganje obrađenih građevnih dijelova i malih predmontiranih sklopova, halu za predmontažu sekcija, prostor za odlaganje gotovih sekcija (obično ispred ili sa strane navoza), navoze (diljeve) za montažu predfabriciranih sekcija.

Odjeljenje za obradu drva ima: pilanu, sušnicu, skladište suhe rezane građe, radionice za obradu drva i radionice za ručnu obradu i montažu.

Odjeljenje teške opreme ima: modelarnicu, ljevaonicu željeza, ljevaonicu obojenih metala, ljevaonicu čelika, kovačnicu, mehaničku radionicu.

Odjeljenje lake opreme ima: cjevarsku radionicu, bravarsku radionicu, limarsku radionicu, cinčaonu, elektroradionicu, bojadisarsku radionicu, jedrarsko-užarsku radionicu.

Odjeljenje pomoćnih radionica ima: kisikanu, radionicu za izradu vijaka i zakovica, eventualne druge proizvodne radionice za proizvode koji nemaju isključivu namjenu za određeni brod ili proizvod.

Odjeljenje za održavanje pogona ima: centralnu alatnicu, radionicu za održavanje strojeva i energetskih uređaja, transformatorske stanice, rezervnu elektrocentralu, kompresorsku stanicu, acetilensku stanicu.

Transportno-nautičko odjeljenje ima: opremne obale, kolo-sijeke i transportna sredstva na tračnicama, garaže, kamione i automobile, dokove, remorkere, čamce, maone, pontone.

Administrativno odjeljenje ima: upravnu zgradu, školu učenika u privredi, ambulantu i objekte društvene prehrane.

Brodogradilište ima više različitih skladišta, kao npr.: skladište kompletacija, glavno skladište, specijalna skladišta (npr. skladište cijevi uz cjevarsku radionicu), priručna skladišta (u radionicama), skladište lako upaljivog materijala.

Sve navedene radionice, i eventualno još neke specijalne, predviđaju se samo u velikim brodogradilištima s više hiljada radnika. U manjim brodogradilištima se ne izgrađuju posebne radionice za svaku struku, već se srodne struke smjeste u jednu radionicu kojom po pravilu rukovodi jedan poslovođa. Npr. u vrlo malim brodogradilištima mogu biti u jednoj radionici limarska, bavarska i cjevarska struka.

Radionice se ne moraju uvijek na navedeni način rasporediti u odjeljenja, već mogu biti i izvjesna odstupanja prema tome da li će se brodogradilište baviti isključivo novogradnjama ili

i novogradnjama i popravcima, zatim, da li će više ili manje izrađivati opremu, da li će organizacija biti provedena tako da svako odjeljenje ili radionica ima svoje montažne grupe ili će postojati posebno jako montažno odjeljenje, itd.

Razrada generalnog projekta brodogradilišta. Generalni projekt brodogradilišta počinje se razrađivati na osnovu godišnje proizvodnje koju brodogradilište treba ostvariti, tj. nakon što je određeno ili pretpostavljeno koliko i kakve će brodove brodogradilište graditi, da li će obavljati i popravke ili eventualno i neke druge poslove, koju će opremu samo izrađivati.

Nije jednostavno odrediti godišnju proizvodnju brodogradilišta, jer brodogradilište neće sigurno kroz duži niz godina svake godine graditi isti broj brodova. Zato se projektom zadatkom daje volumen proizvodnje izražen okvirno, tj. za veličine brodova između dviju granica i za nekoliko tipova brodova.

Da se precizira zadatak brodogradilišta, sastavlja se spisak brodova koje brodogradilište treba u godinu dana izgraditi ili popraviti i radova koje treba obaviti. Prema normativima utroška vremena za pojedine radove odredi se ukupan godišnji iznos radnih sati i taj se raspodijeli po pojedinim radionicama i radnim mjestima u omjerima u kojim ta radna mjesta učestvuju u izgradnji broda. Iz dobivenih sati izračunava se potreban broj radnika svake radionice. Za tako izračunati broj radnika treba osigurati dovoljno površine u radionicama ili na drugim radnim mjestima izvan radionica. Potrebne površine ovise o veličini brodogradilišta, veličini brodova i poslu koji radnik obavlja. Ako radnici rade ručnim alatom ili prenosnim ručnim strojem, uzima se neto

površina od 2,5...4,5 m² za svakog radnika. Pri određivanju potrebne površine za rad stroja treba imati u vidu tlocrtni gabarit stroja, površinu potrebnu za radnika koji upravlja strojem, površinu potrebnu za slaganje materijala prije obrade, slobodnu površinu za pomicanje, okretanje i preokretanje materijala za vrijeme obrade i površinu za odlaganje obrađenog materijala. U nekim slučajevima za jedan je stroj potrebno i 250 m². Radna površina za montažu predsklopova određuje se prema veličini predsklopa ili sklopa i prema trajanju montaže. Rjeđe se takva površina određuje prema broju radnika. Konačno, pri razradi projekta brodogradilišta treba voditi računa i o mogućnostima naknadnog proširenja.

Tereni predviđeni za gradnju brodogradilišta različitog su oblika. Obris terena budućeg brodogradilišta je većinom nepravilan, ali ipak, s obzirom na oblik terena, brodogradilišta se mogu podijeliti u ove grupe: duboko brodogradilište, plitko brodogradilište, brodogradilište kvadratnog oblika, brodogradilište u uvali (sl. 2) i brodogradilište na rtu ili poluotoku.

Najpovoljnijim terenom se smatra teren smješten na rtu tako da ima dvije obale pod pravim kutom. Jedna obala služi za smještaj navoza a druga za opremu.

Duboko brodogradilište (sl. 2a) omogućava povoljan tok materijala za gradnju trupa (limova i profila) i povoljan smještaj brodograđevne radionice. Nedostatak je da nema dovoljno obale, pa se obično predviđa samo jedan ili dva opremna gata. Povoljan je tok materijala iz opremnih radionica, jer može ići kratkim putem prema opremnim gatovima. Duboko brodogradilište može se vrlo lako proširivati dogradnjom na postojeće radionice.

Plitko brodogradilište (sl. 2d) obično ne treba gatova nego se za opremu brodova koristi dugom obalom. Tok materijala može se povoljno riješiti, a postoji i mogućnost naknadnog proširenja gotovo svih radionica. Prednost je plitkog brodogradilišta da su sve opremne radionice na obali i da se izbjegava izgradnja skupih gatova.

Kvadratno brodogradilište (sl. 2c) ima prednosti i dubokog i plitkog brodogradilišta. Povoljno je i zbog toga što se energetska postrojenja (trafo-stanice, dizel-generatori, kompresori) mogu postaviti centralno, tj. u težište potrošnje, i time svesti na minimum gubitke u prijenosu energije. U takvom brodogradilištu su tokovi materijala i putovi kretanja radnika najkraći.

Pretpostavljajući da su tri prethodna tipa brodogradilišta u zaštićenim lukama, onda *brodogradilište u uvali* (sl. 2b) nema naročite prednosti pred ostalima. Nedostatak takvog brodogradilišta je doprema materijala na navoze. No ako je mjesto uvale bazen, a navozi su izvan bazena, onda su otklonjeni spomenuti nedostaci u dopremi materijala.

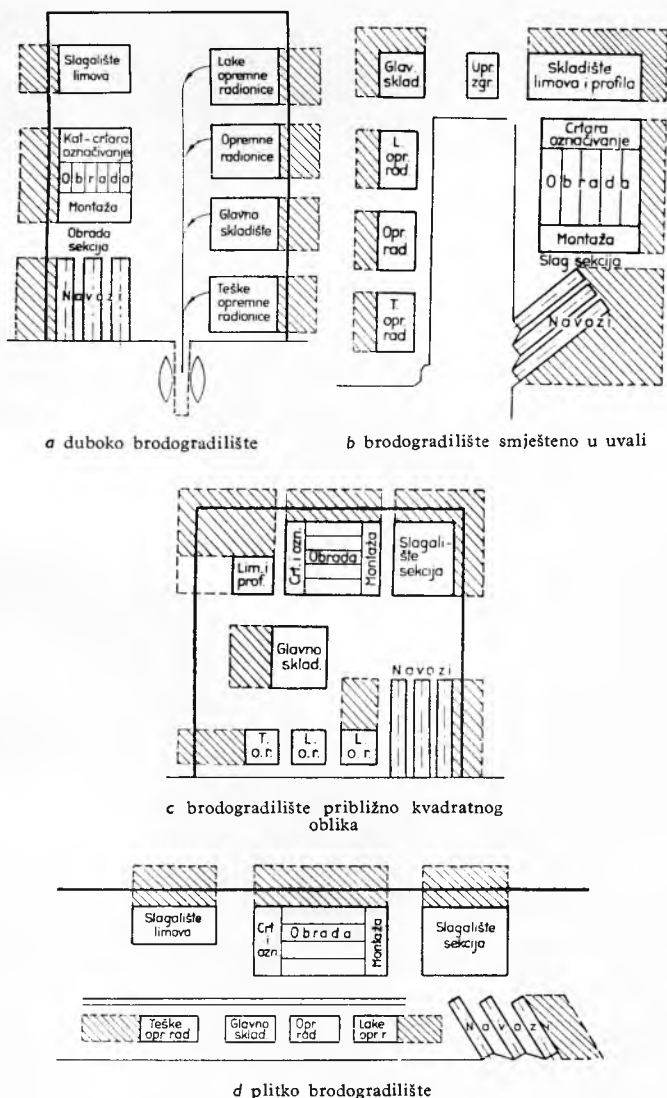
Brodogradilište smješteno na rtu ima izvjesne prednosti. Mogu se povoljno smjestiti radionice, pa tok materijala za gradnju trupa broda ide najkraćim putem do navoza. Opreme radionice mogu se smjestiti izravno na opremnu obalu ili, ako to nosivost i sastav tla ne dopuštaju, iskopa se posebni opremni bazen uz koji su opremne radionice. Nedostatak je da je često ograničena mogućnost proširenja ovakvog brodogradilišta.

Kad je odabran teren i određen tip brodogradilišta, i kad su prethodno određene veličine radionica i ostalih radnih površina, razrađuju se: shema grubog tehnološkog procesa, okvirni raspored upotrebe terena i tokovi materijala.

Shemom grubog procesa određuju se one radionice i one radne površine koje će sačinjavati brodogradilište. Određivanje radionica, odnosno grupiranje više radionica u jednu, ovisi o obliku terena brodogradilišta, o veličini i kapacitetu brodogradilišta i o vrsti brodova koji se namjeravaju graditi.

Okvirni raspored upotrebe terena (sl. 3) za pojedina odjeljenja (pogone, sektore) brodogradilišta određuje se istodobno s rješavanjem sheme grubog tehnološkog procesa. Na taj se način prethodno grubo određuje površina prema volumenu rada koji treba obaviti u jednom odjeljenju i prema količini materijala koji mora proći kroz pojedino odjeljenje.

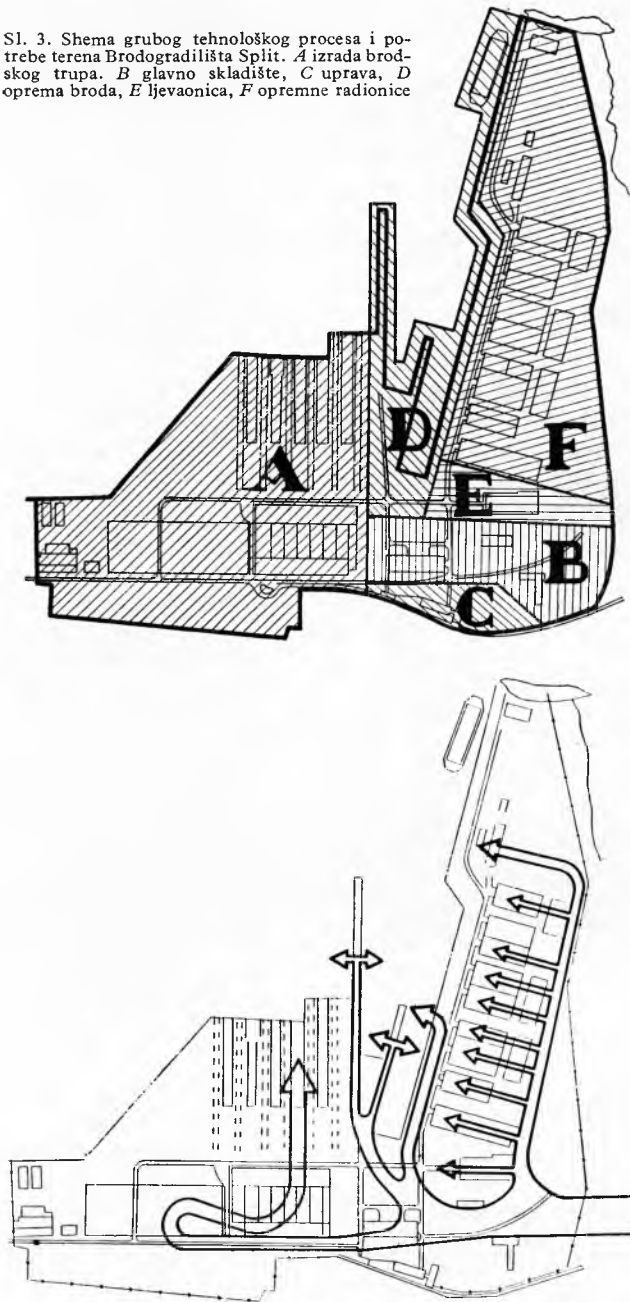
Za izgradnju broda potrebne su goleme količine materijala. Zbog toga je od naročite važnosti dobro rješenje transporta materijala kroz pojedina mjesta obrade i doprema materijala do navoza ili do opremne obale. Transport materijala, naročito limova i pro-



Sl. 2. Karakteristični tlocrtni oblici brodogradilišta (crtkane površine prikazuju mogućnost proširenja)

fila koji sačinjavaju 60...75% čitave težine gotovog broda, mora teći bez protustrujanja, bez povratnih hodova i bez međusobnog ukrštanja puteva (sl. 4).

Sl. 3. Shema grubog tehnološkog procesa i potrebe terena Brodogradilišta Split. A izrada brodskog trupa, B glavno skladište, C uprava, D oprema broda, E ljevaonica, F opremne radionice



Sl. 4. Shema toкова materijala u Brodogradilištu Split

Pri projektiranju brodogradilišta spomenute sheme se rješavaju istodobno, jer jedna nadopunjuje i ispravlja drugu. Čak i samu idejnu osnovu brodogradilišta treba rješavati istodobno sa shemama tehnološkog procesa, rasporeda sektora proizvodnje i toкова materijala. Generalni projekt brodogradilišta je zapravo najpovoljnije kompromisno rješenje kojim su osnovni principi funkcionalnosti rasporeda i veličine brodogradilišnih radionica i uređaja zadovoljeni tako da je osigurana ispravna tehnologija proizvodnje i da su tokovi materijala kratki i bez povratnih hodova.

Radi ilustracije navodi se nekoliko tipičnih rješenja modernih brodogradilišta.

Brodogradilište »Split« (sl. 5) smješteno je na površini od ~40 hektara u uvali sjeverne luke Splita. Ono je po površini najveće jugoslavensko brodogradilište, jedino je naše potpuno novo veliko brodogradilište, a projektirano je za suvremeni način gradnje brodova po sistemu predfabriciranih sekcija. Kapacitet brodogradilišta je ~40 000 t obradenog čelika godišnje, što odgovara godišnjoj proizvodnji od 13 standardnih teretnih brodova po 10 000 t nosivosti. Slagalište limova i profila (4) ima površinu od 11 000 m², što odgovara godišnjem prometu čeličnog materijala do 43 000 t, dakle uključuje izvjesnu rezervu potrebnu zbog specifičnih uvjeta pri nabavi čeličnog materijala. Slagalište poslužuju dizalice na kolosijecima i dizel-dizalice na gumenim točkovima.

Brodograđevna radionica (5) je smještena uz slagalište limova i profila a ispred čela navoza. Radionicu sačinjavaju dvije poprečne hale međusobno spojene sa 6 uzdužnih lada. Materijal sa slagališta ulazi u halu za označavanje materijala i rezanje limova, odakle prelazi u uzdužne lađe, gdje se obrađuje. Obradeni materijal se prebacuje u halu za sastavljanje i varjenje većih dvodimenzijalnih sekcija i manjih trodimenzijalnih sekcija. Sve hale i lađe su opremljene nosnim dizalicama od 6 Mp, osim hale za sastavljanje sekcija, koja ima dvije dizalice po 15 Mp i jednu od 40 Mp.

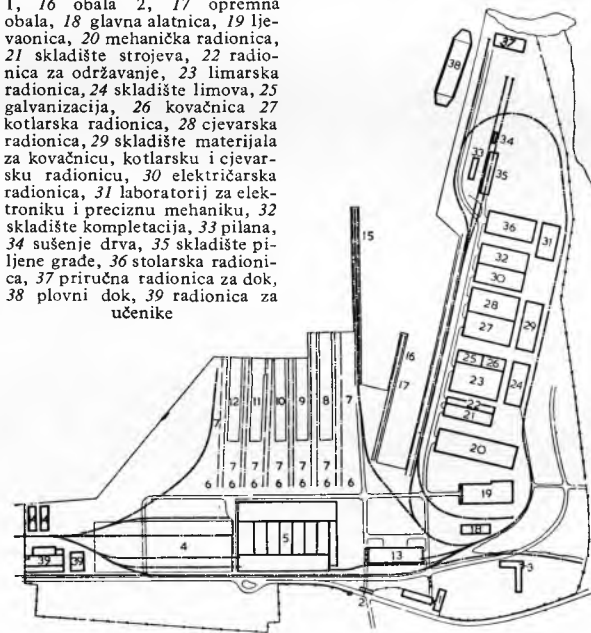
Povrh hale brodograđevne radionice za označavanje materijala i rezanje limova smještena je crtara dimenzija 140 × 25 m.

Brodograđevne radionice udaljene su od čela navoza 100 m. Prostor koji je tim razmakom nastao služi prvenstveno kao slagalište gotovih sekcija, a manjim dijelom kao površina za sastavljanje velikih prostornih sekcija (6,7). Dizalice navoza poslužuju ovo slagalište. Brodogradilište ima 5 navoza, jedan dug 220 m (u gradnji), jedan dug 170 m i tri od 135 m.

Glavno skladište (13) je dvokatna zgrada sa 6400 m² raspoložive površine za uskladištenje. U glavno skladište izravno ulazi kolosijek. Veće radionice imaju priručna skladišta, a za lako zapaljiv materijal sagrađena su dva manja skladišta smještena periferio.

Ukupna dužina opremne obale (37) iznosi 1400 m. Uz opremnu obalu smještene su sve radionice za laku i tešku opremu broda. Na kraju opremne obale nalazi se plovni dok (38), a do njega na obali je priručna radionica (37) za obavljanje poslova na doku.

Sl. 5. Generalni plan Brodogradilišta Split. 1 upravna zgrada, 2 ulaz, 3 garaža 4 slagalište limova i profila, 5 brodograđevna radionica, 6 montaža velikih prostornih sekcija, 7 prostor za odlaganje gotovih sekcija, 8 navoz br. 1, 9 navoz br. 2, 10 navoz br. 3, 11 navoz br. 4, 12 navoz br. 5, 13 glavno skladište, 14 skladište zapaljivog materijala, 15 obala 1, 16 obala 2, 17 opremna obala, 18 glavna alatnica, 19 ljevaonica, 20 mehanička radionica, 21 skladište strojeva, 22 radionica za održavanje, 23 limarska radionica, 24 skladište limova, 25 galvanizacija, 26 kovačnica 27 kotlarska radionica, 28 cjevarska radionica, 29 skladište materijala za kovačnicu, kotlarsku i cjevarsku radionicu, 30 električarska radionica, 31 laboratorij za elektroniku i preciznu mehaniku, 32 skladište kompletacija, 33 pilana, 34 sušenje drva, 35 skladište piljene građe, 36 stolarska radionica, 37 priručna radionica za dok, 38 plovni dok, 39 radionica za učenike



Unutrašnji transport obavlja se po tračnicama normalnog kolosijeka i betonskim cestama pomoću vagona, specijalnih platformi za prijevoz teških tereta, dizalice na gumenim točkovima itd. Tokovi materijala unutar brodogradilišta prikazani su na sl. 4.

Brodogradilište J. A. Jones Construction Comp. Inc., Brunswick, USA (sl. 6) tipičan je primjer dubokog brodogradilišta projektiranog za serijsku gradnju brodova.

Za vrijeme Drugoga svjetskog rata potražnja brodova u USA bila je vanredno velika i postojeća standardna brodogradilišta za individualnu proizvodnju nisu je mogla zadovoljiti. Velika potražnja brodova ponukala je Amerikance, inače sklone serijskoj proizvodnji, da izgrade brodogradilišta koja će moći izbacivati velik broj brodova u relativno kratkom vremenu, pa je tako nastalo i brodogradilište u Brunswicku.

Od ulaznog skladišta limova do navoza svi se građevni elementi obrađuju, međufazno uskladištavaju i ugrađuju u kontinuiranom toku. Kako je to brodogradilište bilo izgrađeno u kasnijem periodu brodograđevnog programa, već pri osnivanju predviđen je i osiguran obilan prostor za sve faze gradnje trupa. Aksijalna dužina brodogradilišta iznosi preko 1000 m. Navozi i predmetažni prostori snabdjeveni su sa jedanaest 45-megapondskih portalnih i jednom 25-megapondskom portalnom nosnom dizalicom.

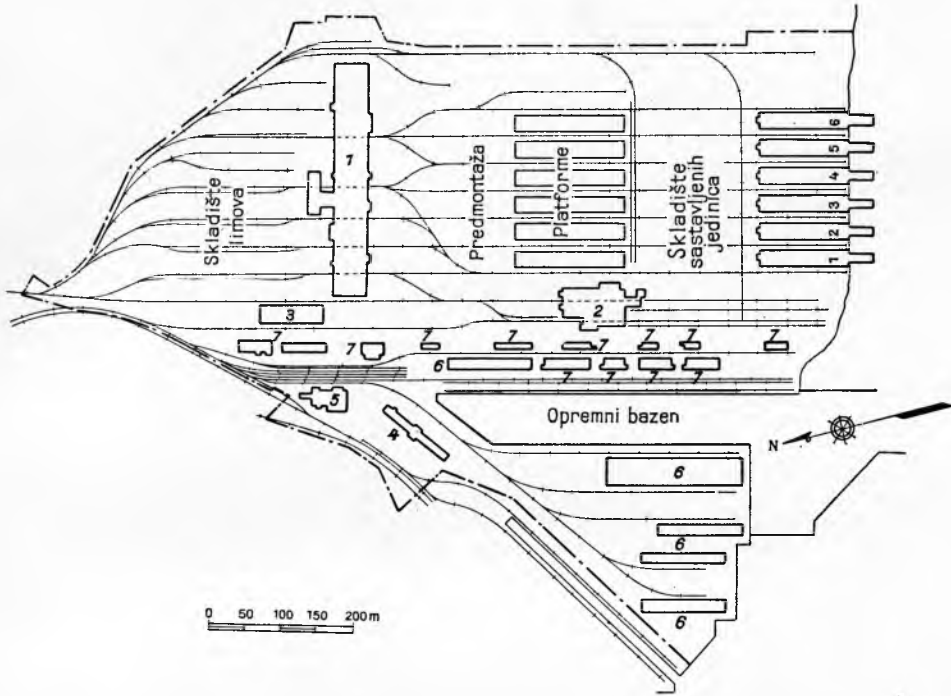
Drugo tipično brodogradilište za serijsku gradnju brodova je brodogradilište Kaiser Company, Inc., Swan Island, USA (sl. 7). Ovo brodogradilište je dugo i usko, a navozi su postavljeni pod malim kutom prema osi brodogradilišta. Glavna karakteristika tog poduzeća je uspješna primjena progresivnog opremanja broda duž 1800 m duge opremne obale. Površina brodogradilišta (izuzev stambenog prostora i parkirališta) iznosi 108 ha.

Portalne dizalice nosivosti 43 Mp uz nagib kraka 45° i maksimalne nosivosti 67 Mp poslužuju 8 navoza i opremnu obalu. Svaki navoz može biti poslužen najviše trima dizalicama istovremeno, a na opremnoj obali je 8 dizalica.

U kontinuiranoj proizvodnji to je brodogradilište gradilo tankere tipa T2-SE-A1 od 16 800 t DW za ~74 dana, pri čemu su porinuti brodovi bili već 65...75% dovršeni. U periodu maksimalne proizvodnje, brodogradilište je imalo ~25 000 uposlenih, koji su radili u tri smjene.

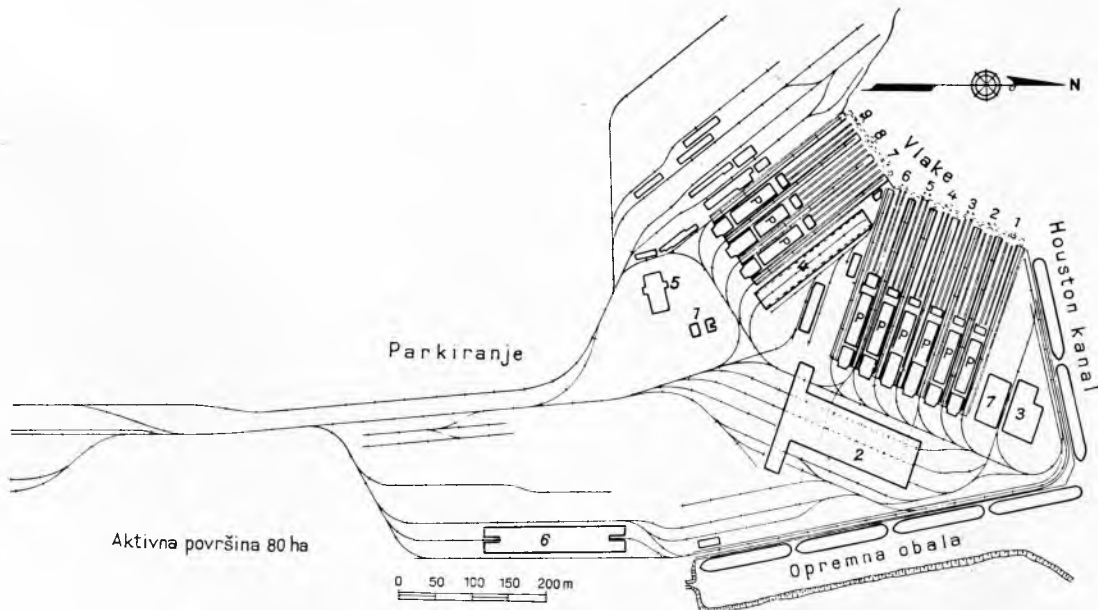
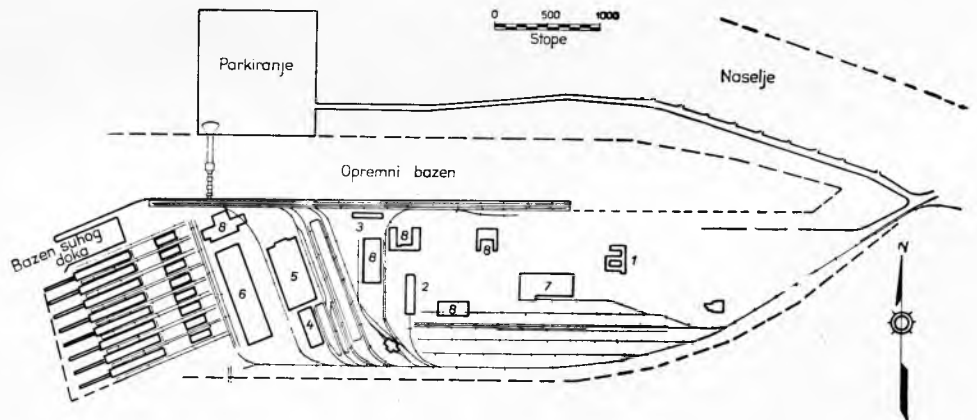
Naročito dobro riješenim brodogradilištem smatra se brodogradilište Todd Houston Shipbuilding Corporation u Houstonu, USA (sl. 8). Ono je sa svojih 9 navoza riješeno vrlo kompaktno pa su komunikacije relativno vrlo kratke. Zgrada administracije je u blizini proizvodnih centara, što olakšava nadzor nad radovima.

God. 1962 dovršeno je brodogradilište Avenal firme Gotaverken u Švedskoj (sl. 9). To se brodogradilište zasniva na sasvim novim koncepcijama procesa gradnje brodova pa se znatno razlikuje od svih postojećih brodogradilišta. Tok materijala od slagališta pa do montažne hale u potpuno je ravnoj liniji, a transport materijala i velik dio procesa obrade limova i profila su automatizirani. Brodovi se ne grade na navozima nego u dva suha doka čija su čela uvučena u montažnu

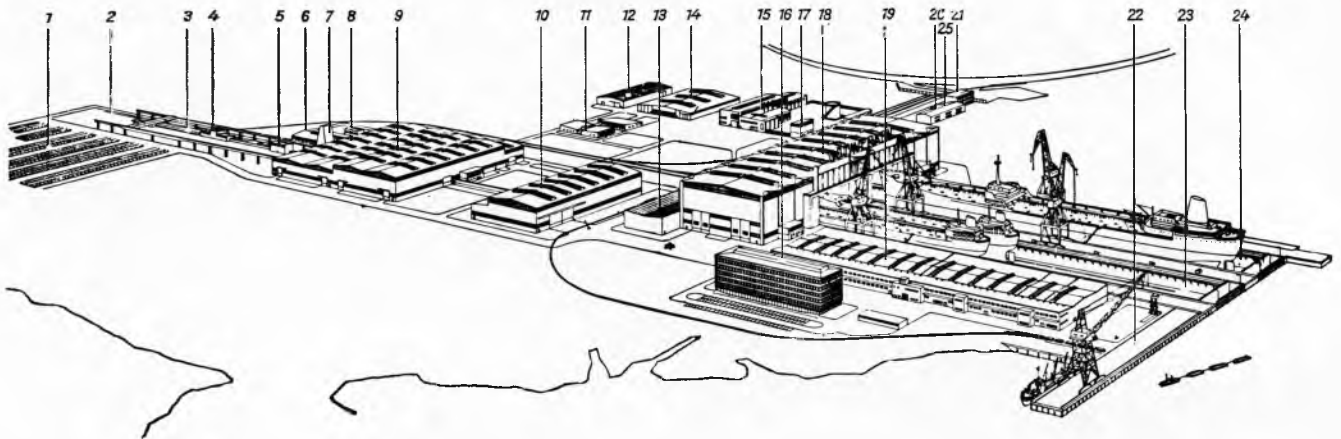


Sl. 6. Brodogradilište J. A. Jones Construction Comp. Inc. Brunswick, USA. 1 brodograđevna radionica, 2 strojograđevna radionica, 3 crtara, 4 upravna zgrada, 5 restoran, 6 skladište, 7 mješovite radionice

Sl. 7. Brodogradilište Kaiser Comp. Inc. Swan Island, USA, 1 upravna zgrada, 2 mehanička radionica, 3 opremna radionica, 4 crtara, 5 restoran, 6 brodograđevna radionica, 7 glavno skladište, 8 različite radionice i skladišta



Sl. 8. Brodogradilište Todd Houston Shipbuilding Corp. Houston, USA. 1 uprava, 2 glavne radionice, 3 grupne radionice, 4 obrada limova oplate, 5 restoran, 6 skladište, 7 limarska radionica, P platforme



Sl. 9. Brodogradilište Arendal, Švedska. 1 slagalište limova i profila (54 000 m²), 2 priručno slagalište limova i profila (12 000 m²), 3 konvejer, 4 stroj za ravnjanje limova, 5 pjeskarenje limova, 6 crtara, 7 optičko označivanje limova, 8 pjeskarenje profila, 9 brodograđevna radionica, 10 predmontaža, 11 kuhinja i menze, 12 nezagrijano skladište, 13 slagalište gotovih sekcija, 14 grijano skladište, 15 energetska stanica, 16 upravna zgrada, 17 proizvodnja acetilena, 18 hala za montažu sekcija trupa, 19 opremne radionice, 20 garderobe i kupaonice, 21 društvene prostorije, 22 opremna obala, 23 dok I, 24 dok II, 25 glavni ulaz u brodogradilište

halu. U svakom doku može se graditi po jedan brod od 150 000 t DW ili po dva od 25 000 t DW.

U velikoj montažnoj hali brod se gradi u natkritom dijelu suhog doka, od krme prema pramcu. Kako gradnja broda napreduje, tako se dovršeni dio broda postepeno potiskuje u otvoreni dio doka. Pomoću specijalnih vrata može se natkriti dio doka potpuno pregraditi od otvorenog dijela, tako da se čitav radni proces odvija u zatvorenim prostorijama. Svaka dovršena sekcija broda gotovo je potpuno opremljena, jer se istodobno sa montažom sekcije ugrađuju cijevni i električki vodovi, pumpe, pomoćni strojevi itd. Glavni pogonski stroj se montira čim je sekcija sa strojarnicom došla na otvoreni dio suhog doka, pa kad je dovršena i posljednja sekcija trupa, brod je već potpuno opremljen i spreman za isporuku. Zahvaljujući ovakvom načinu gradnje brodogradilište može sa svega 2000 uposlenih radnika i namještenika proizvesti godišnje brodova ukupne nosivosti od preko 250 000 t.

Riječna brodogradilišta. Razlika je između morskog i riječnog brodogradilišta u obliku i veličini navoza. Riječni brodovi se spuštaju u vodu bočno, pa riječno brodogradilište obično ima samo jedan vrlo široki navoz. Brod se gradi ili na samom navozu ili na širokoj radnoj površini uz navoz; kad je dovršen, premjesti se na navoz i bočno porine u vodu. Podvodni dio navoza za bočno porinuće znatno je kraći nego podvodni dio navoza za uzdužno porinuće broda. Navoz može služiti i za izvlačenje brodova koje treba popraviti na suhom, ali u tom slučaju podvodni dio navoza mora biti duži. Za izvlačenje riječnih brodova može brodogradilište imati posebnu vlaklu s jakim vitlima na čelu vlake i tračnicama postavljenim duž vlake. Generalni plan tipičnog većeg riječnog brodogradilišta prikazan je na sl. 10.

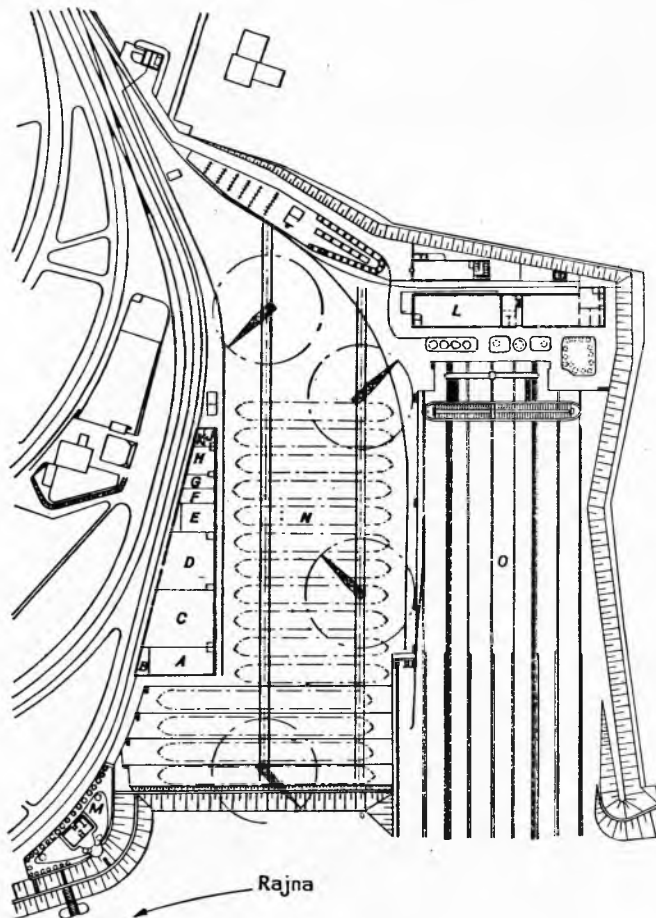
GLAVNI POGONI I UREĐAJI BRODOGRADILIŠTA

Slagalište limova i profila. Materijal koji dolazi iz valjaonice odlaže se na slagalištu limova i profila. Slagalište je obično na otvorenom prostoru i nalazi se najčešće negdje pri ulazu željezničke pruge u poduzeće, a ispred brodograđevne radionice. Površina slagališta određuje se prema godišnjem prometu materijala u brodogradilištu i prema ritmu snabdijevanja. Ako je ritam snabdijevanja 2 ili 3 mjeseca (uobičajeni rokovi isporuke), površina će biti manja nego ako je ritam snabdijevanja 4 do 6 mjeseci (rokovi isporuke iz udaljenih zemalja). Ritam snabdijevanja ovisi i o asortimanu narudžbe i o naručenoj količini pojedinih dimenzija limova ili profila. Valjaonice nerado isporučuju manje količine jednog profila, već postavljaju valjke kad su prikupile narudžba za nekoliko stotina tona, pa zato rokovi isporuke mogu biti prilično dugi.

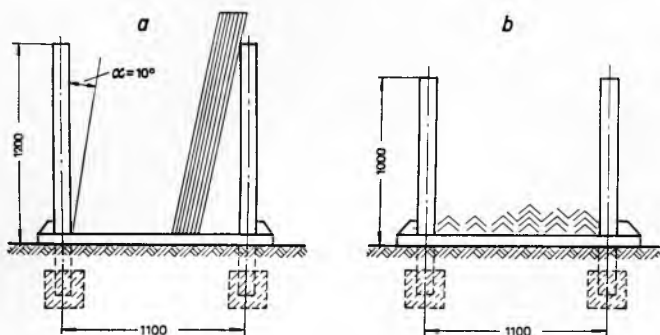
Radi lakše manipulacije materijalom, slagališta limova i profila ne smiju biti pretrpana. Uzevši u obzir površine potrebne za dizalice i putove, na jedan kvadratni metar može se odložiti 0,7...1 t. Za transport limova i profila služe dizalice na gumenim kotačima, na željezničkom kolosijeku, nogarke ili mosne dizalice na stupovima, koji su često nastavak brodograđevne radionice. Takva mosna dizalica može direktno sa slagališta unijeti materijal na mjesto za označivanje ili obradu u samoj radionici. Limovi i profili mogu se transportirati i vagonima na kratkim kolosijecima koji iz radionica idu kroz slagalište. Limovi se prije označivanja ili obrade ravnaju i sa njih se skine okujina. Valjci za ravnjanje limova i naprave za mehaničko dekapiranje limova nalaze se gotovo uvijek ispred ulaza u brodograđevnu radionicu.

Limovi su na slagalištu ili složeni ploštimice (horizontalno) ili postavljeni vertikalno na posebne stalke (sl. 11). U prvom slučaju se na manjoj površini može odložiti više materijala, ali redosljed slaganja mora odgovarati redosljednu potrošnje. U drugom slučaju je potrebna veća površina, ali se limovi mogu izuzimati i ako nisu složeni po redu upotrebe. Limovi od 5 mm i deblji po pravilu se uskladištavaju na otvorenom prostoru, tanji od 5 mm uskladištavaju se u zatvorenom prostoru ili pod strehama.

Crtda je radionica u kojoj se na podu crtaju linije broda u naravnoj veličini. Prema trasiranim linijama pripremaju se



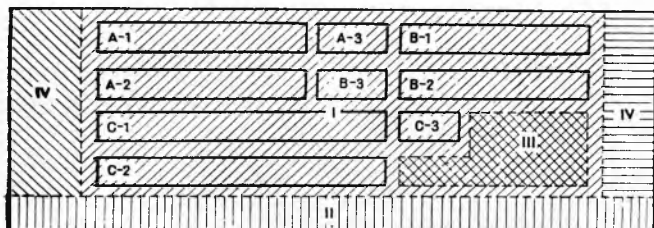
Sl. 10. Riječno brodogradilište Gutehoffnungshütte u Walsamu, S. R. Njemačka. A stolarija, B radionica brodograditelja u drvu, C brodograđevna radionica, D brodograđevna radionica, E izdavanje elektro-alata, F i G skladište i izdavanje alata, H alatnica, J radionica bojadisara, K tapatarska radionica, L skladišta, M upravna zgrada, N navozi, O vlaka



Sl. 11. Stalci za odlaganje limova i profila. a stalci za vertikalno odlaganje limova b rafovi za odlaganje profila

drvene šablone pomoću kojih se označuje čelični materijal za građevne dijelove broda. Pod crtare je od glatkih, suhih drvenih trenica spojenih na pero i utor, tako da ploha poda što manje mijenja dimenzije uslijed promjene temperature i vlažnosti. Na izblanjanom podu se najprije olovkom, pa zatim oštrim šiljkom zacrtavaju linije, a na mjestima gdje se više pravaca sastaje u istoj tački umeću se pločice od cinka. Prije crtanja novih linija stare se linije uklone tako da se pod izblanja. Blanjnjem se troši pod: to se može izbjeći ako se pod bojadiše uljenom bojom, a linije crtaju olovkom i tušem pa se kasnije izbrišu.

Dimenzije crtare moraju biti dovoljne da se na podu mogu ucrtati linije najvećeg broda koji brodogradilište može graditi. Da crtara ne bi bila predugačka, linije se preklapaju obično preko polovice. Ako brod ima paralelni srednjak, linije se crtaju do paralelnog srednjaka, a linije krme i pramca se mogu preklopiti i tako se brod može iscrtati na kraćoj dužini poda. Pri određivanju dužine zgrade crtare treba voditi računa o tome da se nacrt rebara crta posebno, ali ako nema dovoljno dužine, i taj se nacrt preklapa. Površina na kojoj se crta ogradi se lakom ogradom i ostavi se uski hodnik za komunikacije (sl. 12).



Sl. 12. Tlocrt crtare. I površina za trasiranje nacrta linija, II površina za radne strojeve, III površina za najvažnije konstrukcije i razvijanje kao i izradu letava šablona, IV površina za izradu i smještaj stalaka skupa rebara i prostornih modela u naravnoj veličini, V površina za skladište šablona, kancelarije majstora i prostorije za boravak

Crtara je obično smještena iznad radionice za označivanje limova i profila. Crtara ne mora biti visoka, ali treba da je vrlo dobro osvjetljena. U podu crtare su otvori za spuštanje šablona.

Danas se sve više prelazi na optičko trasiranje, pa crtara nije potrebna. Za optičko trasiranje mora se predvidjeti toranj (sl. 13) toliko visok da se s fotografske ploče, koja je obično snimljena u mjerilu 1:100, može projicirati slika direktno na lim ili profil u

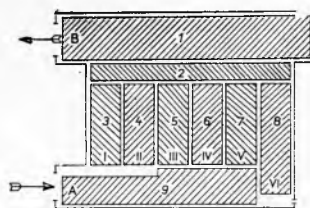


Sl. 13. Toranj za optičko trasiranje

mjerilu 1:1. Tornjevi se postavljaju na ulaz u brodograđevne radionice.

Brodograđevne radionice. Skup brodograđevnih radionica obuhvaća tri vrste radionica: radionicu ili prostor za označivanje, radionice za obradu pojedinih građevnih dijelova trupa i veću halu za predmontažu sklopova ili sekcija broda. U manjim brodogradilištima te tri radionice stapaju se u jednu radionicu, koja je redovito po površini najveća u brodogradilištu. U većim brodogradilištima sklop radionica obuhvaća obično dvije velike odijeljene hale (sl. 14). U prvoj se limovi označuju i pravocrtno režu, a u drugoj se predmontiraju sekcije. Između te dvije radionice postavlja se poprečno više lađa; u svakoj se obavlja samo određeni proces obrade materijala, tako da materijal protječe kroz radna mjesta bez protustrujanja i bez ukrštavanja puteva.

Postoji još niz varijanata i kombinacija za rješavanje brodograđevnih radionica. Brodogradilišta srednje veličine obično imaju samo radionicu sa dvije lađe tako postavljene da se izbjegne vraćanje materijala, ali se tako teže izbjegavaju ukrštavanja toka materijala.



Sl. 14. Shema brodograđevne radionice Brodogradilišta Split. A ulaz materijala, B izlaz sekcija; 1 predmontaža velikih plošnih sekcija i manjih prostornih sekcija, 2 prostor za odlaganje dijelova pripremljenih za predmontažu, 3 označivanje i obrada dijelova vrućim postupkom, 4 označivanje i obrada sekcija hladnim postupkom, 5 označivanje i obrada malih dijelova, 6 obrada formiranih limova, 7 obrada ravnih limova, 8 predmontaža malih sekcija, 9 označivanje i rezanje limova

Visina radionica za označivanje i obradu limova i profila ne treba da je naročito velika: 5·7 metara. Ali hala za predmontažu sekcija mora biti toliko visoka da se sekcije mogu okretati, a to znači 12·14 metara. Pod visinom radionice razumijeva se visina od radne površine do najviše tačke kuke dizalice. U radionicama za označivanje i obradu nisu potrebne jake dizalice, dovoljne su do 5, najviše 7,5 Mp. Dizalice u predmontaži moraju biti što jače, pa veća brodogradilišta imaju dizalice od 20·25 Mp.

Kapacitet obrade po 1 m² brodograđevne radionice je ~1 t godišnje za zakovane, a ~3 t za zavarene konstrukcije.

Brodograđevne radionice su opremljene mosnim i individualnim dizalicama (obično konzolnim), postavljenim na stupovima i svim jačim strojevima. Na taj su način gotovo sve radne površine radionice dva puta prekrivene dizalicama. Mosne dizalice uglavnom prenose materijal na početku i prije svršetka smjene, a konzolne dizalice manipuliraju materijalom za vrijeme individualne obrade pojedinih građevnih dijelova.

Radionice za obradu drva. Brodogradilište treba da naručuje drvo po mogućnosti prema tačno specificiranom asortimanu, tako da u brodogradilište dolazi piljena građa u obliku kladarica, pa čak i kao okrajčene daske. To se, međutim, ne može uvijek provesti zbog velikog broja potrebnih dimenzija drva. Stoga veća brodogradilišta nabavljaju i balvane koji se prema potrebi režu na određene debljine, pa imaju slagalište balvana, pilanu, sušionice za drvo, skladište piljene građe, posebne otvorene prostore za slagalište piljene građe. Osim toga brodogradilište ima stolarsku radionicu i brodotesarsku radionicu.

Slagalište balvana je otvoren prostor na kojem su složeni balvani i trupci. Dobro je ako postoji mogućnost da se trupci stanovitih vrsta drva drže neko vrijeme u vodi. Nastoji se da teren bude povišen i nagnut, tako da se balvani mogu bez dizalica dopremiti u pilanu na piljenje. U pilani se nalaze jarmače, obično jedna vertikalna i jedna horizontalna, i cirkularne pile za obrubljivanje dasaka i izradu letava. Obično se u toj radionici još nalaze i strojevi za oštrenje cirkularnih i vrpčastih pila. Na otvorenom slagalištu piljenica piljena se građa prirodno suši. Prirodni proces sušenja drva ovisi o debljini piljenica i traje 6·12 mjeseci, a u nekim slučajevima i dulje. Daske se slažu na otvorenom i između njih se umeću letvice radi cirkulacije zraka. Drvo složeno na otvorenom mora biti dobro pokriveno, da se izbjegne direktni utjecaj kiše i sunca.

Prirodno sušenje drva na otvorenom sve se manje primjenjuje jer dugo traje, zahtijeva velike površine i izaziva nagomilavanje golemih količina piljenog drva. Mjesto toga se drvo umjetno

suši u *sušionicama*. To su komore u koje se umeće svježe ispiljeno drvo i u kojima se suši pomoću ugrijanog zraka koji prisilno cirkulira. Sušionica se loži otpacima drva, ugljenom ili električki, a sušenje traje ~24 sata. Sušionice se obično grade sa dvije komore, tako da radnici pripremaju drvo za sušenje ili raspremaju osušeno drvo jedne komore dok se u drugoj komori drvo suši. Kapacitet sušionice se obično kreće od 4 do 20 m³ po komori.

Ispiljeno i osušeno drvo uskladištuje se u posebnom *zatvorenom skladištu piljene grade*. Uskladišteno drvo se mora stalno provjetravati, pa su zato skladišta za drvo izvedena kao dobro zaštićene nadstrešnice sa zidovima od koso postavljenih i odmaknutih letava između kojih struji zrak.

Stolarska radionica ima nekoliko odjeljenja: odjeljenje za strojeve, dobro izolirano od ostalih odjeljenja da se spriječi širenje prašine; radionica za rad na stolarskim klupama i za montažu sklopova; odjeljenje za lijepljenje obradenih dijelova, ponekad opremljeno uređajima za održavanje određene temperature prostorije; odjeljenje za politiranje, naročito dobro zaštićeno od prašine; radionica za tapetarske i staklarske radove. Zbog velike količine strugotina i prašine koju razvijaju strojevi za obradu drva, postavljaju se odsisni uređaji uz svaki stroj, a strugotina i prašina se odvede u sabirne tankove.

Brodotesarska radionica služi za izradu drvenih paluba i obloga u brodskim skladištima i za izradu drvenih dijelova potrebnih pri gradnji broda na navozima i doku, kao npr. potklada, potpora, skela i saonica. Ako brodogradilište ne kupuje gotove čamce za spasavanje, u sastavu brodotesarske radionice nalazi se i odjeljenje za gradnju čamaca.

Pripremne radionice brodogradilišta jesu: ljevaonica željeza, bronce i eventualno čelika, s pripadajućim modelarnicama, i kovačka radionica.

Brodogradilišta trebaju odljevke različenog asortimana. Ljevaonica nerado primaju narudžbe za brodogradilišta, jer se radi o malim količinama velikog broja različitih odljevaka, a redovito se zahtijevaju kratki rokovi isporuke. Zbog toga brodogradilišta često imaju svoje vlastite *ljevaonice*. Ljevaonica može biti smještena periferno jer svoje proizvode jednom ili dva puta tjedno isporučuje mehaničkoj i bravarskoj radionici, koje ih dalje obrađuju, pa nije bitno da transport bude kratak. Ljevaonica ne smije biti u blizini slagališta drva i lako zapaljivog materijala (boja, lakova, goriva i mazivog ulja), da iskre iz topioničkih peći ne bi izazvale požar.

Modelarnica obično nije u sklopu drvodjelske radionice jer je način rada različit, već je smještena blizu ljevaonice radi boljeg koordiniranja rada. Upotrijebljene modele treba katkada sačuvati, pa zato postoji posebno *skladište modela*.

Brodogradilište naručuje veće otkivke od specijaliziranih poduzeća. Za izradu manjih otkivaka brodogradilište obično ima vlastitu manju *kovačnicu*, koja opskrbljuje sitnijim otkivcima mehaničku i bravarsku radionicu.

Teške opremne radionice brodogradilišta jesu mehanička i kotlarska radionica.

U *mehaničkoj radionici* obrađuju se teški dijelovi trupa: statve, kormila, temelji i postolja, a izrađuju se: veliki ventili, veliki zasuni, mehanički prenosnici, predmeti mehaničke opreme, brodski prozorčići, a ponekad i jednostavniji pomoćni strojevi kao vitla itd. U poslove mehaničke radionice spada montiranje glavnih i pomoćnih strojeva, osovinskog voda i različitih mehaničkih uređaja. Ova radionica često montira i sve cjevovode sa svim ventilima u strojarskom prostoru, iako se same cijevi izrađuju u radionici cijevi.

Mehanička radionica je podijeljena na prostor za strojeve, prostor za ručnu obradu i prostor za montažu. Opremljena je mošnjim dizalicama čiji je kapacitet kreće od 3 do 20 Mp, a ovisi o težini najvećih dijelova koje radionica obrađuje.

Opseg rada ove radionice mnogo zavisi od mogućnosti nabavke različitih opremnih predmeta od specijalnih poduzeća. U industrijski razvijenim zemljama, gdje se veliki dio opreme može nabavljati uz povoljne uvjete u drugim poduzećima, opseg rada mehaničke radionice je znatno manji nego ako brodogradilište mora samo proizvoditi i opremu broda.

Kotlarsku radionicu ima samo brodogradilište koje proizvodi i kotlove. Opremljena je sličnim strojevima kao i brodograđevna radionica (ali jačim), ima obične dizalice za rukovanje pojedinim

dijelovima kotla ili jake dizalice za dizanje čitavih kotlova. U prvom slučaju se kotao nakon montaže izvuče kroz vrata na opremnu obalu i plovnom dizalicom prenese na brod. Iako brodogradilište nabavlja kotlove od specijaliziranih poduzeća, ipak se neki montažni radovi moraju obaviti u brodogradilištu, pa je potrebno da brodogradilište ima vlastitu grupu radnika za montažu kotlova.

Između dva ekstremna slučaja, tj. slučaja da se kotlovi potpuno izrade u brodogradilištu i slučaja da se kupuju gotovi, postoje razne mogućnosti, npr. da se dijelovi kotlova izrađuju u specijaliziranim poduzećima, a neki doknadni radovi (kao npr. krivljenje cijevi i montaža) da se obavljaju u brodogradilištu.

Lake opremne radionice brodogradilišta jesu: bravarska, limarska i cjevarska radionica. Katkada su sve tri radionice u sklopu jedne zgrade, zajedno s radionicom za pocinčavanje.

U *bravarskoj radionici* izrađuju se sitni okovi trupa broda i različiti dijelovi opreme broda kao: koloturnici, okovi jarbola i soha, okovi vidnika, ograde, šatorski stupovi, eventualno stepenice itd. Bravarsku radionicu snabdijeva materijalom skladište, ali neke izdjelke bravarska radionica dobiva iz kovačnice i ljevaonice. Bravarska radionica ima ove strojeve za obradu: tokarilice, kratkohodne blanjalice (šeping), svrdla, brusove, aparate za električno i autogeno varenje. U posebnom prostoru radionice smješteni su radni stolovi s odgovarajućim škripovima. Ako u brodogradilištu ne postoje posebne grupe za montažne radove, dio radnika bravarske radionice vrši montažu sitnih okova i opreme trupa.

U *limarskoj radionici* se obrađuju tanki limovi, po pravilu do 3,25 mm debljine, i izrađuju: metalna vrata, metalne pregrade, široke ventilacijske cijevi, metalne vjetrološke itd. Potrebni strojevi jesu: ručne ili elektrostrojne škare za rezanje limova, male disk-škare ili titrajuće škare za izrezivanje raznih oblika, mali valjci za savijanje, a rjeđe i mali valjci za ravnanje limova (tanki limovi rijetko prelaze dužinu od 4 m, pa ako se iskrive u transportu, prilično se lako izravnavaju na masivnom stolu od ljevnog čelika), aparati za normalno električno varenje i za tačkasto varenje.

U novije se vrijeme dijelovi nadgrada brodova prave od aluminija. Ti se dijelovi izrađuju u posebnom odjeljenju limarske radionice. Za rad su potrebni isti strojevi kao i za obradu tankih limova, ali obrada mora biti pažljivija, jer ako se glatko prešana površina aluminija ošteti, na oštećenom dijelu nastaje korozija koja se širi prilično brzo. Osim toga nije dobro obrađivati aluminij na istim strojevima na kojim se obrađuje čelik ili mjed, jer sitne strugotine čelika i mjedi pospješuju početak korozije aluminija.

U *cjevarskoj radionici* izrađuju se svi brodski cijevni vodovi. Oprema cjevarske radionice sastoji se od peći za zagrijavanje cijevi, platforme za krivljenje cijevi s ručnim vitlima ili pneumatskim prenosnim ručnim strojevima, strojeva za hladno krivljenje cijevi bez punjenja, strojeva za narezivanje cijevi, tokarilica, svrdala, autogenih i elektrogenih agregata za varenje, električkih ili pneumatskih vibratora za zbijanje pijeska nakon punjenja cijevi.

Radionice za površinsku zaštitu materijala jesu: cinčaona, radionica za galvaniziranje, radionica za grubo ličenje, ličilačka i lakirerska radionica. Polterska radionica spada u drvodjelsku radionicu.

Cinčaona ima kupke za dekapiranje, uređaj za sušenje i zagrijavanje dijelova, kupke za pocinčavanje sitnih dijelova, kupke za pocinčavanje velikih građevnih dijelova i, po pravilu, mosnu dizalicu koja poslužuje radna mjesta. Cinčaona se rjeđe postavlja uz brodograđevnu radionicu, a češće uz lake opremne radionice.

Razlikuju se dvije vrste ličilačkih radova: ličenje trupa broda, skladišta, tankova, itd., što se smatra grubim ličilačkim radom i ličenje i lakiranje unutrašnjih prostorija, pojedinih dijelova unutrašnje opreme ili pokućstva, što se naziva finim ličilačkim radovima. Radionica za grubo ličenje broda troši velike količine boje pa se zato ponekad u toj radionici proizvodi boja, tj. pigmenti se melju u posebnim mlinovima i miješaju s uljem u miješalicama. Radionica za grubo ličenje smještena je obično blizu doka ili blizu navoza.

Ličilačka i lakirerska radionica s obzirom na osjetljivost radnog procesa mora biti dobro izolirana od prašine, a zbog zaštite zdravlja radnika vrlo dobro i konstantno prozračivana. Osim konvencionalnim ručnim alatima za ličilački rad radionica je opskrbljena pneumatskim uređajima za ličenje i lakiranje. Liči-

lačka i lakirerska radionica po pravilu se nalaze uz drvodjelske radionice.

Pomoćne radionice brodogradilišta jesu: alatnice, radionice za održavanje, radionice za izradu vijaka i zakovica i eventualno stanica za proizvodnju kisika.

U *centralnoj alatnici* izrađuju se sve naprave i svi specijalni alati koji se ne mogu gotovi kupiti. U manjim brodogradilištima postoji samo jedna alatnica, a u većim svako odjeljenje ili svaka veća radionica ima svoju *priručnu alatnicu*. Priručne alatnice izdaju radnicima alat i prenosne ručne strojeve, a obavljaju i popravke na alatima. Centralna alatnica je zapravo proizvodna radionica specijalnog alata i uređaja, pa ima kovačke vatre, nakovnje, tokarilice, kratkohodne blanjalice i svrdla, zatim posebni odjeljak s pećima za zagrijavanje i napuštanje i s kupkama za kaljenje. Veći popravci na ručnim strojevima obavljaju se u centralnoj alatnici.

Veća brodogradilišta imaju posebnu *radionicu za održavanje strojnog parka*. U djelokrug te radionice spada kontrola i evidencija stanja alatnih strojeva (kartoteka). Ako se neki stroj ošteti ili se nakon određenog vremena mora rastaviti radi revizije, on se demontira i prenese u tu radionicu. Samo na teškim i velikim strojevima popravci se izvršavaju na licu mjesta. Radionica za održavanje ima iste strojeve kao i mehanička radionica, samo u manjem broju i manjeg kapaciteta. U djelokrug radionice za održavanje spada nadzor i popravak elektroinstalacija i cijevne mreže za vodu, komprimirani zrak i acetilen. Te radove obavljaju posebne grupe za održavanje energetskih uređaja.

Mornarska i jedrarska radionica. Za premještanje brodova, prenošenje materijala morem, dokovanje, prihvaćanje broda neposredno nakon porinuća itd., potrebno je da brodogradilište ima izvjestan broj profesionalnih mornara. Mornari imaju posebnu, tzv. *mornarsku radionicu* opremljenu sa nekoliko stolova s jakim škripovima za obradu čeličnih i konopljanih užeta.

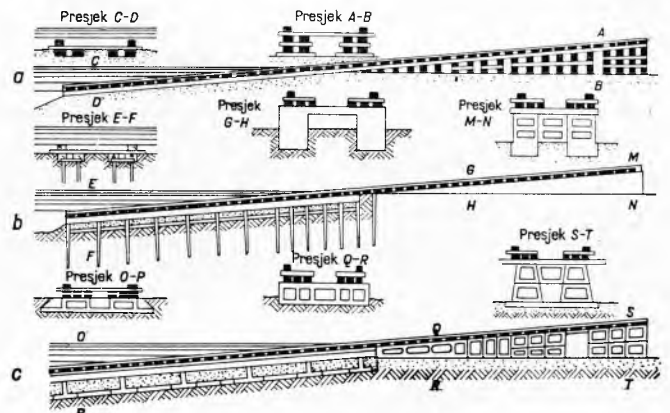
Jedrarska radionica služi za izradu šatora, pojasa za spasavanje, platnenih zaštita za palubne strojeve, instrumente i grotla. Jedrarska radionica ima jake strojeve za šivenje, a katkad i strojeve za rezanje platna.

Diljevi. Dilj je svako mjesto na kojem se gradi brod. Prema tome dilj je ono mjesto u radionici za čamce gdje se gradi čamac na jednoj horizontalnoj gredi, mjesto na obali gdje se grade manji brodovi koji se dizalicom prenose u more, navozi za uzdužno ili poprečno porinuće broda, suhi dok. Veliki brodovi se po pravilu grade na uzdužnim navozima, poprečnim navozima i u suhim dokovima. Pri projektiranju brodogradilišta diljevi se postavljaju tako da tok materijala od slagališta, kroz radionice, pa do diljeva bude što kraći i po mogućnosti u pravoj liniji.

Uzdužni navozi. U brodogradilištima na moru najpodesniji su za gradnju brodova uzdužni navozi (sl. 15). Uzdužni navoz se sastoji od nadvodnog i podvodnog dijela. Izgradnja nadvodnog dijela navoza je jeftina, a podvodnog dijela skupa, to skuplja što se u većoj dubini gradi. Zbog toga, da bi se što prije došlo do veće dubine potrebne za otplov broda pri porinuću, prave se navozi čija je kontura klizne površine dio kružnice promjera 1500...10 000 m. Kosina ili zakrivljenost klizne površine navoza ovisi o veličini i težini brodova za koje je navoz predviđen. U tablici 1 prikazani su podaci o nagibu navoza u ovisnosti o težini broda pri porinuću.

Saonik je pomični dio koji se postavlja i pričvršćuje o navoz tik pred porinuću. To su dvije uzdužne staze izrađene od drvenih greda, s kliznom površinom na vrhu. Klizna površina po pravilu je od hrastovine. Za porinuću dugih osjetljivih brodova (torpiljera, razarača i sl.) primjenjuju se saonici sa jednom jedinom centralnom gredom. U manjim brodogradilištima se obično prave saonici od poprečnih hrastovih greda zbog toga što se na tim navozima i izvlače brodovi radi popravaka. Na poprečnim prakovima olakšano je podmazivanje koje treba vršiti za čitavo vrijeme izvlačenja broda.

Da bi izvedba podvodnog dijela navoza bila što jeftinija i da bi uz to dužina otplova broda bila što kraća, osim toga što se navoz pravi po kruž-



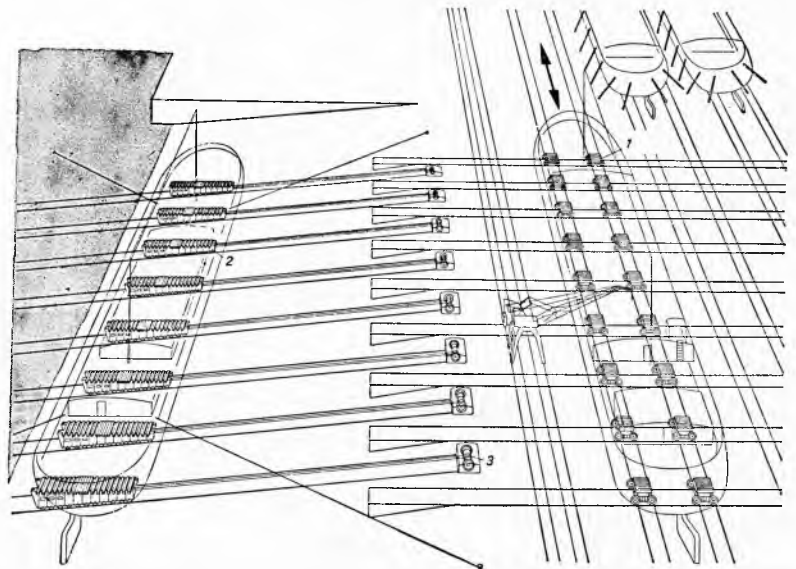
Sl. 15. Uzdužni navoz. a navoz na pijesku, b navoz na stupovima, c navoz s armiranobetonskim temeljima

Tablica 1
NAGIBI NAVOZA

Težina broda pri porinuću	20 000 t	10 000 t	5000 t	2000 t	500 t
Nagib ravnog navoza	$\frac{1}{16} \dots \frac{1}{24}$	$\frac{1}{14} \dots \frac{1}{15}$	$\frac{1}{12} \dots \frac{1}{14}$	$\frac{1}{11} \dots \frac{1}{13}$	$\frac{1}{10} \dots \frac{1}{12}$
Nagibi navoza izvedeni po kružnom luku radijusa (m)	10 000	8000	5000	3500	1500
Nagib pri vrhu %	2,7...3,0	3,0...3,2	3,3...3,5	3,4...3,6	3,6...3,9
Nagib pri razini vode %	4,5...5,5	5,5...6,5	6,5...6,8	6,8...7,0	7,0...7,5
Nagib pri kraju %	6,5...7,5	7,5...8,0	8,5...8,7	8,8...8,7	9,2...9,5

nom luku, njegov se podvodni dio pravi kraći, tako da ne dolazi do slobodnog otplova broda, nego brod zajedno s pričvršćenim saonicama padne kao sa stepenice. U tom slučaju treba završni dio podvodnog dijela navoza izvesti osobito dobro i među stazama predvidjeti udubljenja u koja će upasti pramac broda.

Specifični pritisci između saonika i saonika kreću se od 10 do 30 Mp/m². Uz dobro podmazivanje koeficijent trenja je to manji što je pritisak veći; za klizne površine od hrastovine i za pritisak od 10 Mp/m² koeficijent trenja je 0,025...0,038, a za pritisak 30 Mp/m² iznosi 0,018...0,030. Pri porinuću je važan koeficijent trenja mirovanja koji može iznositi do 0,2. Veće vrijednosti koeficijenta trenja vrijede za životinjske ili biljne masti za podmazivanje.

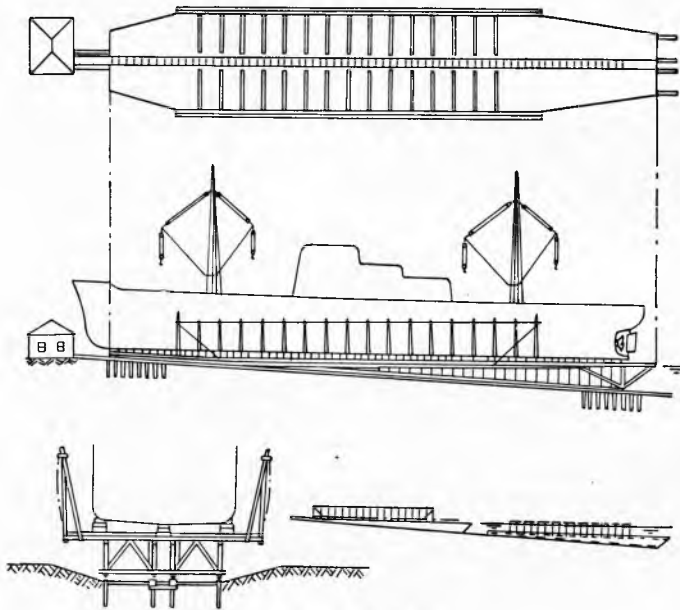


Sl. 16. Poprečni (bočni) navoz za porinuću i izvlačenje brodova primjenom kosnika i okretnih kolica za poprečno izvlačenje i uzdužno prenošenje broda. 1 kolica za spuštanje broda, 2 kolica za izvlačenje broda, 3 vitlo za izvlačenje broda

vanje, a niže vrijednosti za mineralna maziva koja se danas sve češće upotrebljavaju.

Poprečni ili bočni navozi grade se na riječnim brodogradilištima, jer na rijekama nema dovoljno mjesta za uzdužno porinuće, a osim toga dugi i niski riječni brodovi ne bi pri uzdužnom porinuću imali dovoljnu uzdužnu čvrstoću potrebnu u momentu okretanja broda. Bočni navozi imaju niz paralelnih staza razmaknutih 8·12 m (sl. 16). Staze mogu biti od drva, a ispod broda dolaze također drvene saonice. Moderniji bočni navozi su s tračnicama na kojima se kreću specijalno izrađene platforme na kojim leži brod. Takvi bočni navozi mogu služiti i za izvlačenje brodova radi popravka.

Vlake ili slipovi služe za popravke brodova. Razlikuju se od uzdužnog navoza time što mjesto saonika i saonica imaju uzdužno postavljene dvije jake tračnice s platformom na kotačima. Pri izvlačenju brod nasjedne na platformu i na njoj se izvuče uz vlak (sl. 17). Platforma ima u sredini centralna sjedala (klade),



Sl. 17. Slip za izvlačenje

a po strani bočna sjedala. Na većim slipovima može se postaviti i više tračnica, da bi se pritisak raspodijelio na veću površinu, ili se umjesto tračnica postavljaju šire čelične staze, a platforma s brodom izvlači se na valjcima.

Energetski izvori brodogradilišta. Brodogradilište troši mnogo električne energije. Zbog toga se obično u brodogradilište uvodi vod visokog napona 100, 35, 10 i 5 kV. Po pravilu, ako se uvodi napon od 100 i 35 kV, od centralne se trafo-stanice računaju vodovi do sekundarnih transformatora od 10 ili 5 kV. U manjim brodogradilištima predviđa se obično samo jedna transformatorska stanica, postavljena u težište potrošnje, da bi električki vodovi bili što kraći a gubici što manji. U većim brodogradilištima ima više dobro razmještenih transformatorskih stanica, da se smanje gubici.

Da se osigura snabdijevanje električkom energijom i u slučaju kvara na vanjskoj mreži, brodogradilišta gotovo uvijek imaju vlastite rezervne elektrocentrale. Kapacitet rezervnih elektroagregata se kreće između 25 i 40% normalnih potreba električne energije, što je dovoljno za najnužniji pogon poduzeća.

Brodogradilište ima jednu centralnu ili više manjih stanica (razvijaa) za acetylen. Povoljnije je rješenje s jednom centralnom acetilenskom stanicom jer se relativno dosta skupi uređaji ne opetuju, pa se mogu nabaviti savršeni, a pregled i održavanje je lakše. Osim toga, za gradnju acetilenske stanice postoje posebni propisi zbog mjera sigurnosti.

Skladišta i slagališta u brodogradilištu. Na otvorenom prostoru su slagališta limova, profila, balvana, piljenica, teških predmeta opreme (koji se ne mogu uskladištiti u zatvorenom skladištu) i furde (otpaci čelika).

U većem brodogradilištu ima više skladišta: prijemno, koje se obično nalazi uz glavno ili centralno skladište, skladište kompletacija, skladišta uz radionice (tanki limovi uz limarsku, cijevi uz cjevarsku radionicu itd.), skladište gline, pijeska i koksa uz ljevaonicu, priručna skladišta, skladišta goriva i maziva, skladište lako upaljivih materijala. U manjim brodogradilištima postoje samo slagališta za limove i profile, glavno skladište i skladište lako upaljivog materijala.

Slagalište teške opreme. U brodogradilišta često stižu morskim putem teški opremni dijelovi, pa čak i čitavi strojevi, koje je teško ili nemoguće uskladištiti u zatvorenom skladištu. Takvi se predmeti sa broda iskrcavaju snažnim plutajućim dizalicama i ostavljaju na obali do momenta ugradnje. Do tada se moraju zaštititi platnom.

Skladište furde služi za odlaganje otpadaka i strugotina metala, kojih u radionicama brodogradilišta svakodnevno ostaju velike količine. S tog slagališta ih povremeno preuzimaju poduzeća za promet otpacima.

Prijemno skladište. Sav materijal koji dolazi u brodogradilište mora biti zaprimljen kvantitativno, a onaj koji nije popraćen atestom, i kvalitativno. Materijal se prima u odijeljenim prostorijama, obično u glavnom skladištu. Poželjno je da u prijemni prostor skladišta direktno ulazi kolosijek i da taj prostor bude opremljen mosnim dizalicama.

Glavno ili centralno skladište. Sav raznovrsni i neglazni materijal uskladištuje se uglavnom u glavnom skladištu. Iz glavnog skladišta materijal se izdaje direktno za proizvodnju ili u priručna skladišta. Glavno skladište obično ima više katova, a za rukovanje materijalom služe elektrokari i liftovi.

Skladišta uz radionice. Radionice velikih brodogradilišta (limarska, cjevarska, drvodjelska i ljevaonica) troše tolike količine materijala pa moraju imati posebna vlastita skladišta. Tim skladištima upravlja skladišna služba brodogradilišta. Manja i srednja brodogradilišta rjeđe imaju skladišta uz radionice.

Priručna skladišta. Da se materijal ne bi prečesto izuzimao iz glavnog skladišta, obično se veća količina materijala potrebna za jedan posao izuzme iz glavnog skladišta i pohrani u priručnom radioničkom skladištu, odakle se sukcesivno izuzima dok se posao ne dovrši. Priručna skladišta su obično uz samu radionicu, ali često i u samoj radionici.

Skladište kompletacije. Dovršeni dijelovi opreme za novogradnje ili za popravke često se ne ugrađuju odmah na brod; da ne bi u radionici zauzimali mjesto i ometali rad, ti se dijelovi spremaju u posebna skladišta. Kako ti dijelovi ponekad dugo čekaju na ugradnju, treba ih pregledno uskladištiti da se kasnije mogu lako pronaći.

Skladište teških predmeta je obično solidno izvedena nadstrešnica na jakim stupovima. Stupovi služe za stazu snažnih mosnih dizalica kapaciteta do 25 Mp. Poželjno je da kolosijek ulazi i u to skladište.

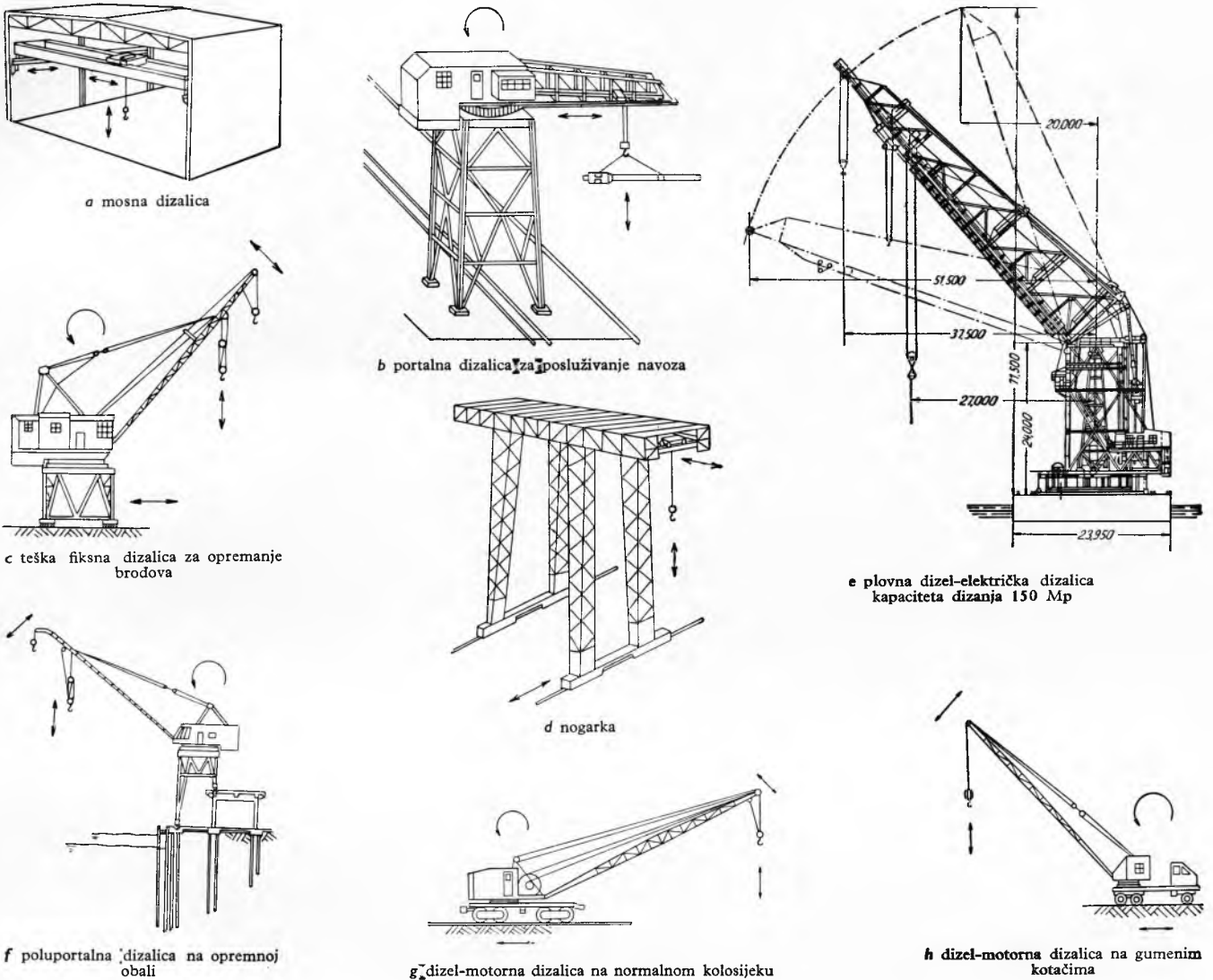
Skladište lako upaljivog materijala, u koje se pohranjuju tekuća goriva, maziva, lako upaljive boje i slični materijali, obično se smješta periferno. Nastoje da lokacija bude takva da smjer najčešćih i najjačih vjetrova ne bude od tih skladišta prema radionicama ili skladištima i slagalištima drvene građe.

Opremne obale. Nakon porinuća brod se privezuje uz tzv. opremnu obalu radi dovršenja opremnih radova (montaže glavnih strojeva i teške opreme). Opremne obale moraju biti dovoljno dugačke da mogu primiti određeni broj brodova na opremanje, moraju imati odgovarajuću dubinu da se brodovi mogu nesmetano privezati uz obalu i moraju biti dovoljno čvrste da mogu preuzeti reakcije portalnih opremnih dizalica i sile na bitvama za privez. Ukoliko teren ne dopušta izgradnju ni najpotrebnijeg minimuma opremne obale, pribjegava se izgradnji gatova. Po pravilu gatovi se postavljaju okomito na obalu, a samo iznimno, gdje je to prijeko potrebno, gat je položen koso prema obali. Na opremnoj obali su pomične dizalice, obično portalne. Nosivost dizalica ovisi o najtežim dijelovima opreme koje treba ugraditi u brod.

Dokovi. Brodogradilišta često imaju ploвне ili suhe dokove koji služe za podizanje broda iz vode radi čišćenja, ličenja i popravaka podvodnog dijela oplate i za obavljanje završnih radova na novosagrađenom brodu. Poneka brodogradilišta imaju umjesto navoza pliče suhe dokove koji služe za gradnju brodova. Za izvedbu i opremu raznih tipova dokova v. *Dok*.

Sredstva unutrašnjeg transporta. Veliki obrt materijala za vrijeme gradnje broda zahtijeva dobru i funkcionalnu organizaciju unutrašnjeg transporta u brodogradilištu. Za prijenos materijala unutar brodogradilišta služe vagoni na kolosijecima, specijalna cestovna vozila i različite vrste dizalica.

Primjena nogarka u radionicama pojednostavnjuje i pojeftinjuje izgradnju radioničkih zgrada. *Plovne dizalice* (sl. 18 e) služe za montažu teških predmeta pri opremljenju broda i eventualno za istovar materijala dopremljenog brodom. Rad s plovnom dizalicom je prilično težak, ali prednost je njena velika pokretljivost. *Motorne*



Sl. 18. Tipovi brodogradilišnih dizalica

Transport vagonima zahtijeva dosta prostora, jer su minimalni radijusi zakrivljenosti kolosijeka prilično veliki. Stoga funkcionira dobro samo ako su prometni pravci dobro određeni i ako je predviđeno dovoljno petlji za mimoilaženje, odnosno dovoljno dvostrukih kolosijeka. Prednost je transporta na vagonima što se velike težine prenose uz utrošak relativno male snage.

Transport u modernom brodogradilištu sve se češće obavlja po betonskim ili asfaltiranim cestama pomoću specijalno uređenih autokara ili platformi s gumenim kotačima. Ni autokari ni platforme koje vuku traktori ne trebaju velik prostor za zaokretanje.

Velik i važan dio transporta materijala obavlja se dizalicama. U brodogradilištu se upotrebljavaju uglavnom ove vrste dizalica (sl. 18): mosne dizalice, portalne dizalice, fiksne dizalice, poluportalne dizalice, nogarke, plovne dizalice i motorne dizalice.

Mosne dizalice (sl. 18 a) kapaciteta 5–25 Mp prenose materijal u radionicama. U manjim radionicama i za precizne montažne radove dizalicom se upravlja s radne površine, inače iz kabine na samoj dizalici. *Portalne dizalice* (sl. 18 b) su na navozima i opremnim obalama. Kapacitet im je 7–50 Mp. Na opremnoj obali se ponekad upotrebljavaju i *poluportalne dizalice* (sl. 18 f), a za montažu teških strojeva, kotlova itd. i *teške fiksne dizalice* (sl. 18 c). *Nogarke* (sl. 18 d) se više upotrebljavaju u radionicama a rjeđe na navozima.

dizalice na željezničkim kolosijecima (sl. 18 g) primjenjuju se na otvorenim slagalištima. Kapacitet im je 2–7 Mp, a mogu ujedno da služe za vuču vagona. *Motorne dizalice na gumenim kotačima* (sl. 18 h) upotrebljavaju se na otvorenim slagalištima i u radionicama. Obično imaju kapacitet 2–10 Mp, ali ima ih i do 25 Mp.

LIT.: С. Г. Концевич, Судостроительные верфи, Ленинград 1934. — F. G. Fasset, ed., The shipbuilding business in the United States of America, New York 1948. — Ю. Е. Гецов, Проектирование судоремонтных и судостроительных предприятий, Москва 1959. — Н. А. Головин, Технология ремонта корпуса судна, Москва 1966. V. i Brod.

S. Ercegović

BRODOGRADNJA, grana privrede koja se bavi građenjem, opremanjem, održavanjem i opravljanjem brodova i drugih plovnih objekata; nauka i umijeće građenja brodova i drugih plovnih objekata.

Među svim transportnim mogućnostima transport vodenim putovima zauzima dominantan položaj. Preko tri četvrtine međunarodne svjetske trgovine odvija se morskim putovima, brodovi su dakle osnov za ostvarenje razmjene ekonomskih dobara. U poređenju sa brodovima sredstva transporta kopnom i zrakom imaju vrlo mali kapacitet. Današnji standardni teretni brod od 15 000 tona nosivosti ima isti kapacitet kao 30 vlakova sa 25 dvadeset-tonskih vagona i kao kolona od 2000 sedam-i-pol-tonskih