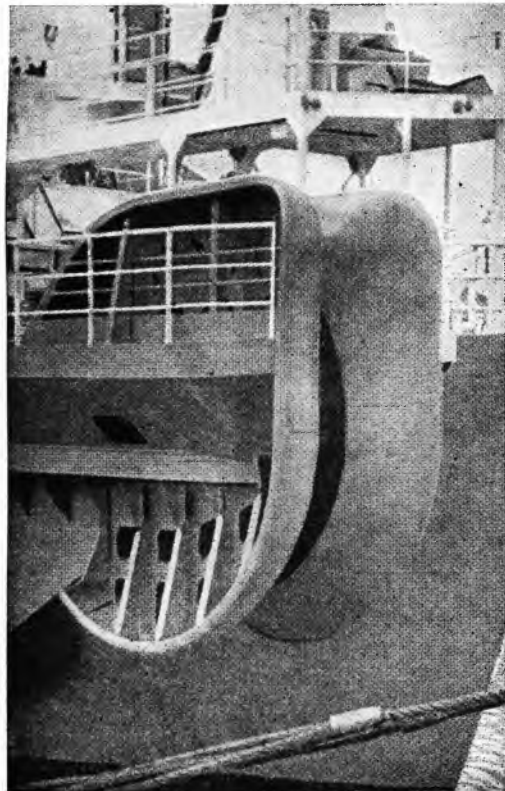


Sl. 7. Pramčani koloturi za vodenje kabela

sinhronizirati brzinu plovidbe i manevre broda s brzinom ispuštanja kabela. U tu svrhu služe brojni kontrolni, mjerni, dojavni i alarmni uređaji.

Mjerni instrumenti za električka ispitivanja kabela i kabelskih spojeva smješteni su u posebnoj mjernoj stanici. Osim toga



Sl. 8. Krmni kolotur za polaganje kabela

su u stanici pokazivači temperature u kabelskim tankovima i pokazivači sondi za mjerenje temperature na različnim dubinama mora, TV-monitori na kojima se promatra odmatanje kabela u tanku i rad na kabelskim vitlima, zatim svi instrumenti za kontrolu i praćenje rada na polaganju kabela. Podmorski telefonski kabel se ne polaže u jednom komadu, već se u određenim razmacima prekida radi ugradnje korektora izobličenja impulsa i eventualno radi ugradnje pojačala. Nakon što je korektor ugrađen, treba kontrolirati kvalitet spoj, pa je montažni prostor spojen sa mjeranom stanicom posebnim kabelskim vodovima koji se jednim krajem priključe na ispitivani kabelski spoj a drugim na instrumente u stanici.

Za rendgenska ispitivanja kabela veći brodovi imaju posebnu rendgensku stanicu sa prenosnom rendgenskom aparaturom.

Pomoću posebne sprave s klavirskom žicom kontrolira se razlika između ispuštene dužine kabela i stvarne dužine trase. Istovremeno kako se polaže kabel ispušta se i klavirska žica, a dinamometar regulira rad vitla klavirske žice da bi ona bila stalno jednako nategnuta. Razlika između dužine nategnute žice i dužine kabela položenog po morskom dnu automatski se registrira. Drugi uređaj pokazuje razliku između dužine ispuštenog kabela i prevaljenog puta prema podacima o brzini broda i brzini odmotavanja bubnja kabelskog vitla. Sprava s klavirskom žicom je redovno smještena na krmi broda. Obično ima dva bubnja, svaki sa preko 100 nautičkih milja namotane klavirske žice; čim se jedan bubanj isprazni, drugi se počinje automatski odmotavati.

Podaci o odmotanoj dužini kabela, odmotanoj dužini klavirske žice, sili u kabelu izmjerenoj dinamometrom, brzini ispuštanja kabela i brzini broda daljinski se dostavljaju i registriraju u tzv. kabelskom uredu. Iz kabelskog ureda se nadzire rad svih kabelskih vitala, dinamometara i sprave s klavirskom žicom.

U slučaju bilo kakvog poremećaja ili smetnje za vrijeme polaganja kabela, akustički i optički alarmni uređaj daje signale na svim komandnim mjestima. Taj uređaj upozorava i kad je odmotana određena dužina kabela pa treba pripremiti pojačala ili korektore izobličenja impulsa radi ugradnje u kabel.

Osim uređajima za polaganje kabela, kabelopolagač je opremljen i napravama i alatima za pronalaženje i vadenje podmorskog kabela. U tu opremu spadaju: podvodna TV-kamera, ultrazvučni dubinomjeri, specijalna sidra i lanci (stonoge) za hvatanje i dizanje kabela.

BROD ZA NAUČNA ISTRAŽIVANJA

Brod za naučna istraživanja (istraživački brod) specijalan je tip broda projektiran i građen za različita naučna istraživanja na moru.

Istraživački brod, posebno građen i opremljen za naučna istraživanja, dakle brod koji je u stvari plovći laboratorij, jedan je od specijalnih tipova brodova koji su nastali tek početkom XX st. Doduše i prije je bilo brodova koji su prevozili istraživačke ekspedicije i koji su služili kao baza istraživačkih grupa, ali ti brodovi nisu bili ni građeni ni određeni isključivo za tu svrhu.

Jedan od prvih istraživačkih brodova bio je američki drveni brod „Carnegies“, sagrađen 1908, a namijenjen istraživanju i mjerenju zemaljskog magnetizma. Sve do Drugoga svjetskog rata gradilo se je vrlo malo novih istraživačkih brodova, ali su za oceanografska i hidrografska istraživanja pregrađivani i adaptirani stari jedrenjaci i manji trgovački brodovi. U Drugom svjetskom ratu uočena je velika važnost pouzdanih oceanografskih, hidrogrfskih i meteoroloških podataka, pa ratne mornarice zaraćenih zemalja, a naročito ratna mornarica USA, pregrađuju manje pomoćne jedinice u istraživačke brodove. Opći zamah naučnih istraživanja nakon Drugoga svjetskog rata povećao je interes i za istraživanja mora, pa se u većini pomorskih zemalja grade novi specijalni brodovi za naučna istraživanja, od kojih najveći imaju i preko 5000 t istisnine.

Brodovi za naučna istraživanja služe za oceanografska ispitivanja, biološka promatranja i istraživanja, hidrografska mjerenja, ribolovna istraživanja, ispitivanja ribolovne opreme i metoda ribolova, meteorološka motrenja itd., dakle za vrlo raznorodne poslove, pa je nemoguće da jedan te isti brod efikasno služi za sve te svrhe. Raznolikost i mnogobrojnost naučnih problema koje treba istražiti na moru dovele su do gradnje vrlo različitih brodova za naučna istraživanja. U stvari, brod za naučna istraživanja po obliku trupa, vanjskom izgledu i načinu pogona nije neki izrazito posebni tip broda. Kao istraživački brodovi služe kuteri, kočari, ledolomci, motorne jahte, obalni brodovi itd., dakle brodovi različitih oblika i karakteristika, ali projektirani i građeni, ili preuređeni za naučna istraživanja. Te brodove karakterizira kao istraživačke unutarnji raspored prostorija, laboratorijske prostorije i specijalna oprema. Redovno su ti brodovi specijalizirani za jedno ili dva srodna područja istraživanja, pa su prema toj svojosti osnovnoj namjeni opremljeni i uređeni.

Istraživački brod je samo dio neke naučno-istraživačke organizacije i za svakog naučnog radnika na brodu ima nekoliko učelnjaka na koptu koji analiziraju i obrađuju podatke i materijal sakupljen za vrijeme plovidbe broda. Ali već i na samom brodu nužno je vršiti neke analize pa zato brod mora imati odgovarajuće laboratorije i opremu. Vrsta opreme, broj i veličina laboratorija ovisi o vrsti istraživanja.

Bez obzira na to za koja je specifična istraživanja brod prvenstveno određen, svaki istraživački brod provede znatno vrijeme vozeći vrlo malom brzinom ili slobodno plutajući. Stoga brod za naučna istraživanja mora imati pogonski uređaj prilagođen i plovidbi malom brzinom, a sam brod mora imati i pri najmanjim brzinama stabilnost kursa i izvrsnu manevarabilnost. Da bi se i na uzburkanom moru mogla obavljati zapažanja i mjerenja, brod ne smije da se žestoko ljulja i da posrće, pa je dobro ponašanje na valovima jedan od primarnih zahtjeva koje mora zadovoljiti svaki istraživački brod. Vibracije broda i buka motora također predstavljaju veliku smetnju mjerenjima, pa je za istraživačke brodove važnije nego za većinu ostalih tipova brodova da ne postoje nikakve vibracije i da pogonski uređaj radi bez šuma. Za razliku od drugih brodova, istraživački brodovi moraju imati izvore istosmjernje i izmjenične električne struje različitog napona i jakosti, jer to iziskuju mjerni instrumenti. Iako se naučni radnici na istraživačkom brodu ne smatraju putnicima, oni nisu ni članovi posade, pa prostorije za njihov smještaj i boravak ne smiju da budu ispod standarda putničkih brodova.



Sl. 1. Dizel-električni istraživački brod »Discovery«; 2700 BRT, snaga pogonskog uređaja 2000 KS, brzina 10 čv

Glavne dimenzije i oblik trupa istraživačkog broda zavise prvenstveno od vrste istraživanja za koju je brod određen. Brodovi za ribolovna istraživanja imaju oblik trupa jednak ili vrlo sličan kao ribarski brodovi, brodovi za mjerenje intenziteta i smjera magnetskog polja iznad morskog dna treba da su brzi i vrlo precizno kormilareni pa su vitkog oblika, slično kao brze jahte; brodovi za razna oceanografska i hidrografska ispitivanja mogu biti po obliku trupa slični tegljačima ili običnim trgovačkim brodovima, za istraživanja u polarnim krajevima služe ledolomci ili brodovi vrlo slični ledolomcima.

Za određeni tip istraživanja veličina broda se odabire prema potrebnom prostoru za laboratorije i smještaj osoblja, prema geografskom području djelovanja, prema dužini vremena koje brod treba da provede na moru i prema akcijskom radijusu. Istraživački brodovi su većinom maleni; njihova istisnina se kreće od 500 do 2000 t.

Manji istraživački brod ima izvjesne prednosti pred velikim brodom. Pored nižih troškova gradnje, eksploatacije i održavanja, manji brod ima, zbog niskog nadvođa, prednost da se na njemu lakše nego na velikom brodu rukuje instrumentima i napravama koje se s palube broda spuštaju u more.

Kad su zadane brzina broda u službi V i istisnina Δ , deplasmentska dužina nešto većih oceanskih brodova se dobiva iz formule Pozdjunina:

$$L = 22 \left(\frac{V}{V+2} \right)^2 \sqrt{\Delta},$$

gdje je L dužina broda u stopama, V brzina broda u službi, u čvorovima, Δ istisnina broda u engleskim tonama od 1016 kg. Omjeri glavnih dimenzija ovih brodova jesu:

$L/B = 4,4 \dots 5,5$; $B/T = 2,5 \dots 3$; $L/T = 12 \dots 14,5$; $H/T = 1,4 \dots 1,6$.

Bez obzira na to da li je po obliku trupa sličan tegljaču, jahti, ribarskom brodu ili običnom trgovačkom brodu, svaki istra-

živački brod mora da se dobro ponaša na uzburkanom moru. Da bi valovi što manje zalijevali palubu, nadvođe broda treba da je dovoljno visoko, naročito na pramcu. Minimalno nadvođe na pramčanoj okomici pri kome neće doći do jačeg zalijevanja palube može se odrediti iz iskustvene formule:

$$F_{pp} = 0,01 L [7 + 25 (V/\sqrt{L} - 0,85)],$$

gdje je F_{pp} nadvođe na pramčanoj okomici u stopama, L dužina broda na plovnoj vodnoj liniji, u stopama, V brzina broda u službi, u čvorovima. Međunarodni propisi o nadvođu se ne odnose na istraživačke brodove, pa istraživački brodovi nemaju svjedodžbu nadvođa niti imaju na oplati označen krug nadvođa.

Izbačeni i skošeni pramac također smanjuje zalijevanje palube i prigušuje posrtanje broda. Takav pramac zahtijeva oštre podvodne linije na pramčanom dijelu trupa a relativno pune linije na palubi. Uzdužni radijus tromosti broda mora biti što manji, da se smanji prirodni period posrtanja broda, jer se time smanjuje i mogućnost sinhronizacije prirodnog perioda posrtanja broda i perioda valova. Na prigušivanje posrtanja povoljno djeluje i bulb-pramac. Za prigušivanje ljuljanja manji istraživački brodovi obično imaju ljuljne kobilice, a na velikim brodovima dolaze u obzir i pasivni ili aktivni protuljnljni tankovi. Gaz na pramcu istraživačkog broda mora biti dovoljno velik da se izbjegne izranjanje i lupanje pramca na valovima.

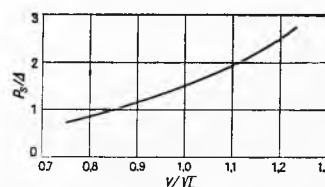
Za obavljanje različitih mjerenja i ispitivanja većina istraživačkih brodova treba da ima široki slobodni prostor na palubi, relativno blizu površine vode, ali dovoljno zaštićen od valova, vjetrova, kiše i sunca. Krmeni dio broda je obično najprikladnije mjesto za takvu radnu platformu. Najveća moguća slobodna radna površina na krmenom dijelu palube dobiva se sa širokom odrezanom krmom.

Relativna brzina istraživačkih brodova je obično $V/\sqrt{L} = 0,9 \dots 1,1$, pa su s obzirom na otpor i propulziju za to područje brzina najpovoljniji ovi koeficijenti forme trupa: prizmatički koeficijent $\varphi = 0,56 \dots 0,62$, koeficijent glavnog rebra $\beta = 0,8 \dots 0,85$ i koeficijent istisnine δ manji od 0,53. Nizak koeficijent istisnine je uvjet za to da gubitak brzine na uzburkanom moru bude što manji.

Vanredno je važno da istraživački brodovi koji su namijenjeni radu na otvorenim morima imaju dovoljan stabilitet. S druge strane, velika metacentarska visina \overline{MG} , koja je uvjet velikog stabiliteta, izaziva žestoko ljuljanje broda, što smeta mjerenjima koja se vrše sa broda. Kompromisno rješenje mora biti takvo da se brodu osigurava dovoljan stabilitet uz maksimalni period ljuljanja pri kome nije ugrožena sigurnost broda. Kako ne postoje određeni kriteriji potrebnog stabiliteta istraživačkih brodova, kompromisno rješenje će ovisiti o tipu broda i o uvjetima u kojima je predviđeno da brod radi. Moderni oceanografski i hidrografski brodovi trebalo bi i pri vjetru jačine od 11 Bf da imaju dovoljan dinamički stabilitet, bilo da plove bilo da plutaju na mjestu, a njihov period ljuljanja morao bi biti dovoljno velik da se mogu vršiti mjerenja i pri vjetru od 9 Bf. Za brodove namijenjene ribolovnim istraživanjima obično se uzimaju isti kriteriji stabiliteta kao za ribarske brodove (v. Ribarski brod u ovom članku).

Konstruktivna izvedba trupa istraživačkih brodova nema posebnih karakteristika. Način gradnje i elementi trupa su jednaki kao malih obalnih brodova, odnosno ribarskih brodova ili jahti. Brodovi namijenjeni istraživanjima u polarnim krajevima imaju konstrukciju trupa pojačanu za plovidbu kroz led ili jednaku kao ledolomci.

Pogonski uređaji istraživačkog broda. Snaga pogonskog stroja istraživačkog broda ovisi o njegovoj veličini i o maksimalnoj brzini koja se zahtijeva. Za svoju veličinu istraživački brodovi imaju veliku brzinu u službi: od 10 do 14 čv. Međutim, čitavo



Sl. 2. Dijagram ovisnosti omjera snage i istisnine P_S/Δ o relativnoj brzini V/\sqrt{L}

vrijeme na moru istraživački brod ne vozi tako velikom brzinom, već bar trećinu vremena provede ploveći brzinom koja rijetko prelazi 3,5 čv. Da bi mogao, kad ustreba, postići maksimalne brzine, istraživački brod mora imati snažan pogonski stroj. Oceanografski i hidrografski brodovi treba da imaju do-

voljnu rezervu snage, jer za vrijeme mjerenja moraju održati punu brzinu i pri vjetru od 5 Bf. Na osnovu podataka o izgrađenim istraživačkim brodovima istisnine od 100 do 2000 t razrađen je dijagram sl. 2, u kojem je prikazana približna zavisnost omjera snage na propelerskoj osovini i istisnine, P_g/Δ , od relativne brzine broda V/\sqrt{L} .

Pogonski uređaj istraživačkog broda mora ispuniti brojne zahtjeve da bi brod mogao djelovati efikasno. Jedan od primarnih zahtjeva je velika elastičnost pogona, koja treba da omogući reguliranje brzine broda u vrlo širokim granicama od 0,5 čv pa do maksimalne brzine. Drugi važan zahtjev je tih i miran rad stroja, jer buka i vibracije izazvane pogonskim uređajem mogu znatno otežati ili čak potpuno onemogućiti mjerenja. Kako istraživački brodovi često djeluju u udaljenim i pustim dijelovima mora, pogonski uređaj mora biti pouzdan i toliko jednostavan da eventualne kvarove može popraviti sama posada. Daljnji faktori koji utječu na izbor tipa pogonskog stroja su nabavna cijena, ekonomičnost pogona i troškovi održavanja.

Danas još ne postoji tip brodskog pogonskog uređaja koji bi idealno zadovoljio svim ovim zahtjevima. Parni stroj je jednostavan, kvarovi su rijetki, a moguće je regulirati broj okretaja u prilično širokim granicama. Te su prednosti umnogome umanjene nedostacima parnog stroja; to su: velik prostor potreban za smještaj parnog stroja, velika težina parnog stroja, velik potrošak goriva, velik broj pomoćnih strojeva, slaba mogućnost automatiziranja brodskog pogona. Zato parni stroj dolazi eventualno u obzir samo za velike istraživačke brodove. Pogon parnom ili plinskom turbinom ne dolazi u obzir za istraživačke brodove jer su oni suviše maleni da bi taj način pogona bio ekonomičan. Međutim, nije isključeno da za vrlo velike oceanografske brodove u budućnosti dođe u obzir pogon parnom turbinom u kombinaciji s nuklearnim reaktorom.

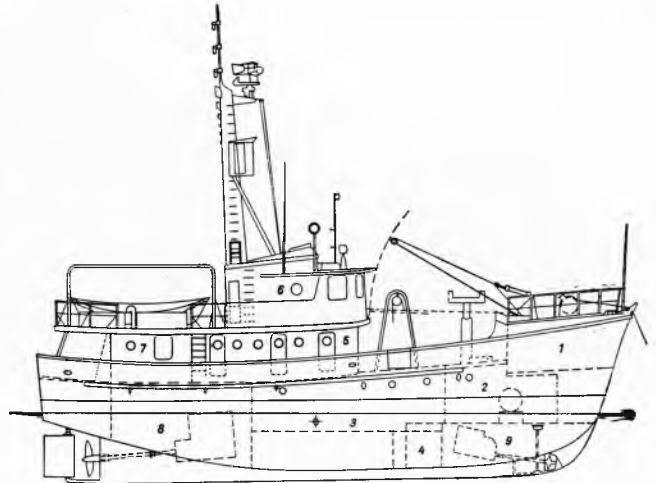
Za sada se smatra da su najpovoljniji načini pogona istraživačkog broda: sporohodni dizel-motor direktno spojen s propelerom koji ima prekretna krila, sporohodni dizel-motor spojen s običnim propelerom preko hidrauličke spojke koja omogućava reguliranje broja okretaja propelera, dizel-električki pogon s istosmjernim pogonskim elektromotorom i direktno ukopčanim običnim propelerom. Sva ta tri načina pogona pružaju mogućnost reguliranja brzine broda u vrlo širokim granicama. Na istraživačkim brodovima dolazi u obzir i pogonski uređaj sa dva dizel-motora različite snage, vezanih na zajedničku propelersku osovini (sistem »otac i sin«; v. Ribarski brod u ovom članku), jer ta kombinacija omogućava ekonomičan i prilično elastičan pogon. Dizel-motor s višestepenim zupčanim reduktorom ne odgovara za pogon istraživačkog broda jer stvara suviše veliku buku a i slabo mu se može kontrolirati rad pri niskim brzinama.

Konačni izbor glavnog pogonskog stroja određuje se za svaki pojedinačni slučaj, uzimajući u obzir: veličinu broda, relativnu važnost pouzdanosti i jednostavnosti pogonskog uređaja, dozvoljeni intenzitet buke, cijenu, veličinu i težinu uređaja.

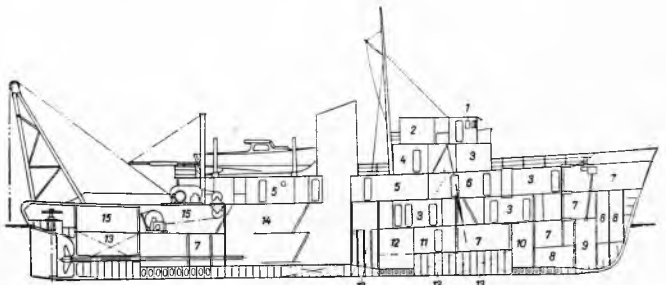
Pomoćni strojevi ovise o tipu glavnog pogonskog stroja. Na istraživačkom brodu je najvažnije da pomoćni strojevi budu pouzdani u radu i da rade tiho, jer oni su redovno primarni izvor buke na brodu.

Među najvažnije pomoćne strojeve istraživačkog broda spadaju elektro-generatori. Za razliku od ostalih tipova brodova, istraživački brodovi trebaju različite vrste električne struje, jer to zahtijevaju mjerni instrumenti. Svaki istraživački brod mora imati na raspoloženju ove vrste električne struje: trofaznu izmjeničnu struju od 60 Hz i 450 V, trofaznu izmjeničnu struju od 400 Hz i 450 V, jednofaznu i trofaznu izmjeničnu struju od 400 Hz i 120 V, istosmjernu struju od 120 V. Te vrste električne struje propisuju američki standardi koji su općenito prihvaćeni u čitavom svijetu. Za evropske istraživačke brodove dolazi u obzir još i jednofazna izmjenična struja od 50 Hz i 220 V. Za proizvodnju tih različitih električnih struja istraživački brod obično ima nekoliko generatora s odgovarajućim transformatorima i pretvaračima. Mjerni instrumenti zahtijevaju konstantan napon i konstantnu frekvenciju struje, pa električki uređaji istraživačkog broda obuhvaćaju također posebne regulatore napona i frekvencije, koji održavaju konstantan napon laboratorijske električne struje unutar $\pm 1\%$, a frekvenciju unutar $\pm 0,1\%$.

Raspored prostorija, laboratoriji i oprema istraživačkih brodova. Svi tipovi istraživačkih brodova imaju sličan raspored prostorija: strojarnica je smještena oko sredine broda, nastambe su u nadgrađu i eventualno ispod palube na pramcu, laboratoriji su u srednjem dijelu nadgrađa, a na većim brodovima mogu biti i ispod zaštitne palube; ispod i iza strojarnice su priručna skladišta; spremišta sakupljenih uzoraka i mjernih instrumenata su u blizini laboratorija. Krmeni dio palube je obično slobodan i služi kao radna platforma s koje se vrše mjerenja. Brodovi za istraživanja ribolovnih metoda i ispitivanja ribolovne opreme imaju i prostor za uskladištenje ribe, a eventualno i eksperimentalno postrojenje za preradu ribe. Ti su prostori jednako veliki ili čak i veći od skladišta ribe na jednako velikim komercijalnim ribarskim brodovima. Istraživački brodovi mogu imati i manje radionice za popravke i održavanje mjerne opreme. Karakterističan raspored prostora na pojedinim tipovima istraživačkih brodova vidi se iz sl. 3 do 7.



Sl. 3. Mali oceanografski brod; $L_{CWL} = 22,73$ m, $B = 6,6$ m, $T = 2,82$ m, 1 skladište, 2 pogonski uređaj vitla, 3 nastambe, 4 tank svježe vode, 5 laboratoriji, 6 komandni most, 7 kuhinja, 8 strojarnica, 9 pogonski motor pramčanog vijka



Sl. 4. Veliki hidrografski brod; $L_{PP} = 51,8$ m, $B = 10,1$ m, $T = 4,5$ m, $\Delta = 1000$ t, $\delta = 0,423$, $\beta = 0,799$, $\varphi = 0,53$. 1 komandni most, 2 navigacijska kabina, 3 nastambe, 4 radio i radarska kabina, 5 laboratoriji, 6 biblioteka, 7 spremište, 8 balastni tank, 9 lančanik, 10 pramčano mlazno kormilo, 11 hladionik, 12 ultrazvučni dubinomjer, 13 tank za gorivo, 14 strojarnica, 15 spremište istraživačke opreme

Jedna od glavnih značajki istraživačkog broda su laboratoriji opremljeni mjernim uređajima i instrumentima. Svaki istraživački brod ima jedan ili više laboratorija koji, već prema namjeni broda, mogu biti različite vrste (biološki, bakteriološki, oceanografski, hidrografski, geofizički, meteorološki, kemijski, fizički, radiološki, itd.).

Za uspješan rad istraživačkog broda bitno je da veličina i oprema laboratorija budu adekvatni predviđenim istraživačkim zadacima. Optimalno dimenzioniranje laboratorija i izbor najprikladnijeg instrumentarija skupčani su s nizom poteškoća, jer je prostor na brodu ograničen, ljuljanje i valjanje broda na valovima otežava ili onemogućava rad s nekim instrumentima, a neki se osjetljivi instrumenti na brodu uopće ne mogu upotrebljavati jer ih trešnja i vlažan morski zrak oštećuju. Jedan od najuobičajenijih kriterija za potrebnu površinu laboratorijskog prostora polazi od

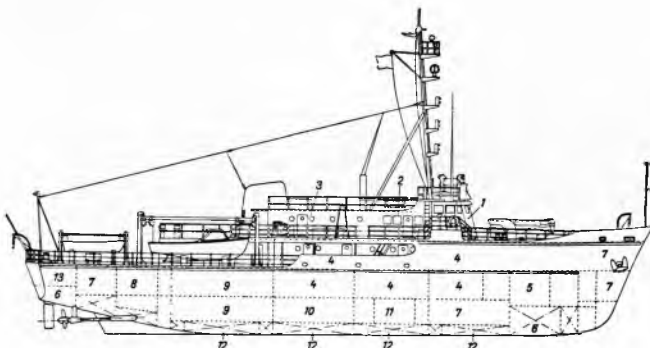
predviđenog broja naučnih radnika na brodu. Za moderne istraživačke brodove preporuča se površina laboratorijskog prostora po jednom ukrcanom naučnom radniku prema ovoj tablici:

Ukupni broj ukrcanih naučnih radnika	5	10	15	20	25	30	35	40
Laboratorijski prostor po jednom naučnom radniku, m ²	4,6	5,6	6,5	7,4	8,4	9,3	10,2	11,1

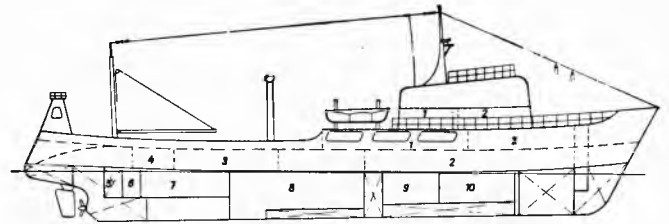
Relativno skućeni laboratorijski prostor na istraživačkom brodu može se racionalno i efikasno iskoristiti jedino ako su laboratoriji projektirani tako da se po potrebi mogu prilagoditi za različite specifične zadatke. To znači da svaki laboratorij mora imati dovoljan broj priključaka na energetsku mrežu (elektriku, vodu, plin), a mjerna oprema i namještaj moraju biti demontabilni da se mogu jednostavno i lako zamijeniti uređajima potrebnim za neku specifičnu vrstu istraživanja. Ako na brodu ima više laboratorija, njihova lokacija i izvedba mora biti takva da se dva laboratorija mogu spojiti u jedan, odnosno, da se jedan veliki laboratorij može podijeliti na dva manja.

Laboratoriji ne smiju biti smješteni u zoni velike buke, pa obično nisu na krmenom dijelu niti u blizini propelera, jer je tamo buka najjača. Uzima se da je dopušteni intenzitet buke u laboratorijima do 50 db. Nastoji se izbjeći zvučna izolacija broda jer ona povećava investicijske troškove broda i smanjuje koristan radni prostor.

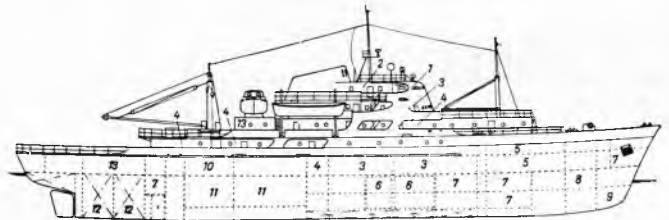
Kiseline s kojima se radi u laboratoriju predstavljaju posebnu opasnost za brodsku konstrukciju jer mogu izgristi ili izazvati intenzivnu koroziju vitalnih elemenata brodskog trupa. Zato se



Sl. 5. Hidrografski brod; $L_{pp} = 45,7$ m, $B = 10,1$ m, $T = 2,9$ m, $\Delta = 760,1$ t, $\delta = 0,564$, $\beta = 0,92$, $\varphi = 0,613$. 1 komandni most, 2 navigacijska kabina, 3 laboratorij, 4 nastambe posade, 5 hladeno skladište, 6 balast, 7 spremište, 8 radionica, 9 strojnica, 10 girokompas, 11 pitka voda, 12 gorivo, 13 kormilarski stroj



Sl. 6. Brod za ribolovna istraživanja; $L_{pp} = 60$ m, $B = 11$ m, $H = 5,1$ m. 1 laboratorij, 2 nastambe, 3 radna paluba, 4 prerada ribljeg brašna, 5 tank ribljeg ulja, 6 riblje brašno, 7 hladeno skladište ribe, 8 strojnica, 9 spremište hrane, 10 skladište



Sl. 7. Istraživački brod za kombinirana istraživanja; $L_{pp} = 76,2$ m, $B = 14$ m, $T = 5,33$ m, $\Delta = 2600$ t. 1 kormilarnica, 2 radio-kabina, 3 nastambe časnika i naučnih radnika, 4 laboratorij, 5 nastambe momčadi, 6 hladena spremišta, 7 skladišta, 8 pogonski stroj pramčanog vijka, 9 promatračka stanica, 10 radionica, 11 strojnica, 12 gorivo, 13 spremište istraživačke opreme

odvodne cijevi iz laboratorijskih izljeva vode najkraćim putem direktno u more, a ne u sabirne tankeve ili kaljuže. Za neka istraživanja potrebni su eksplozivni i lakozapaljivi materijali pa za njihovo uskladištenje treba predvidjeti posebna i sigurna spremišta.

Pojedini moderni istraživački brodovi imaju u podvodnom dijelu trupa ugrađene komore za promatranje života u moru i za televizijska, filmska i fotografska podvodna snimanja. Obično brod ima dvije takve komore: jednu u pramcu a drugu u krmi blizu izlaza propelerne osovine. Pramčana promatračka komora može se najzgodnije smjestiti u šupljinu bulb-pramca.

Istraživački brodovi imaju vrlo raznovrsnu opremu za podvodna mjerenja i za skupljanje uzoraka morske vode i podmorskog tla. Za rukovanje instrumentima i napravama koje se spuštaju ispod morske površine (Nansenove boce, termosonde, batitermografi, bušila za vađenje uzoraka tla sa morskog dna, mjerne plutače, mjerачи brzine morske struje, batiskafi, itd.) ili koji se tegle iza broda (ribolovne mreže, mreže za plankton, mreže za larve, itd.) služe posebna vitla, sohe i vješala uz ogradu broda, samarice i kranovi.

Glavne vrste vitala na istraživačkom brodu jesu: mala laka vitla, hidrografska vitla, kabelska vitla i teška vitla. Mala vitla služe za spuštanje lakših predmeta i instrumenata na male dubine. Pomoću hidrografskog vitla spuštaju se i dižu razni hidrografski instrumenti.

Tablica 1

BRODOVI ZA NAUČNA ISTRAŽIVANJA

Ime broda	«Ophelias»	«Onaway»	***	«Chofu Maru»	«Johan Hjort»	***	«Mihail Lomonosov»
Zemlja	Danska	Engleska	USA	Japan	Norveška	USA	SSSR
Godina gradnje	1958	1960	1960	1960	1958	1961	1958
Glavne dimenzije:							
Dužina preko svega L_{OA} , m	13,35	16,8	24,2	42,0	52,3	63,5	102,5
Dužina između okomica L_{PP} , m	14,70	15,25	22,7	37,6	46,8	59,7	95,2
Širina B , m	5,12	5,48	6,62	7,2	9,3	11,3	14,0
Gaz na pramcu T_p , m	1,69	0,91	—	2,32	3,18	4,2	—
Srednji gaz T_s , m	2,02	1,37	—	2,52	4,19	4,35	5,8
Gaz na krmi T_k , m	2,35	1,83	2,82	2,72	5,20	4,5	—
Istisnina Δ , t	56,5	50,7	—	430	1020	1295	6050
Pogonski stroj:							
Tip	dizel	dizel	dizel	dizel	dizel	dizel-elektro	parni stroj
Snaga P_B , KS	150	114	300	500	1300	1000	2450
Broj propelera	1	1	2	1	1	1	1
Brzina V , čv.	8,5	6,0	10,0	10,0	13,0	12,0	13,6
Akcijski radijus, NM	—	650	3500	7000	—	12000	11000
Broj ukrcanih naučnih radnika	2	2	6	16	10	15	—
Površina laboratorijskog prostora, m ²	5,8	2,2	20,9	24,0	37,0	158,0	—
Broj stalne brodske posade	2	5	9	22	30	22	—
Istraživanja za koja je brod opremljen	Biologija mora	Ribolov i hidrografija	Oceanografija	Oceanografija i meteorologija	Ribolov, oceanografija i hidrografija	Oceanografija	Oceanografija

Dubina spuštanja je često velika pa bubanj vitla mora biti dimenzioniran tako da može namatati i do 10 000 m žice. Vitlo ima poseban indikator koji pokazuje dužinu odmotane žice. Hidrografsko vitlo je obično smješteno na povišenom dijelu broda, da ga ne zalijevaju valovi. Kabelskim vitlom se spuštaju električni mjerni instrumenti obješeni o izolirani kabel preko koga dostavljaju na brod rezultate mjerenja. Bubanj vitla je posebne konstrukcije koja omogućava da se na brodu registriju mjerni podaci i za vrijeme dok se bubanj okreće. Teška vitla služe za tegljenje ribarskih mreža i za spuštanje i dizanje bušila i grabila kojima se skupljaju uzorci podmorskog tla i taloga. Vitlo za ribarske mreže je jednako vitlu na kočaru, a smješteno je, kao i na ribarskom brodu, ili na krmi ili ispred nadgrađa na palubi. Snaga i veličina vitla ovise o predviđenoj veličini ribarskih mreža i o dubini potezanja mreža (v. Ribarski brod u ovom članku). Postoje i kombinirana vitla s izmjenljivim bubnjevima koja služe za više različitih namjena. Kombinirano vitlo na malom istraživačkom brodu zamjenjuje nekoliko specijalnih vitala.

Moderna vitla na istraživačkim brodovima većinom imaju elektro-hidraulički pogon. Hidraulička vitla su vrlo pouzdana i tiha pri radu, lako se njima upravlja, relativno malih su dimenzija i težine, jednostavno se održavaju, pa najbolje odgovaraju za specifične uvjete rada na istraživačkom brodu.

Za većinu istraživačkih brodova od velike je važnosti da u svakom momentu mogu što tačnije odrediti položaj na moru i ploviti vrlo precizno po predviđenom kursu. Zato njihova navigacijska oprema često uključuje najmodernije elektronske uređaje (Loran, Decca, Shoran, Radar), automatske pilote itd., što je iznad standardne navigacijske opreme drugih tipova brodova iste veličine.

Osnovni podaci za nekoliko modernih istraživačkih brodova prikazani su u tablici 1.

LIT.: J. O. Traung, N. Fujinami, Research vessel design, Roma 1961.

LEDOLOMAC

Ledolomac je specijalan brod koji u zaleđenim vodama, razbijajući i krčeći led, otvara vodeni put ostalim brodovima, oslobađa brodove opkoljene ledom, po potrebi tegli kroz ledena polja brodove koji ne mogu ići vlastitom snagom, snabdijeva u polarnim krajevima polarne stanice i služi kao baza ekspedicijâ koje istražuju polarne krajeve.

Ledolomci su se pojavili relativno kasno, tek kad je parni pogon brodova bio usavršen. Prvi ledolomac »Eisbrecher I« izgrađen je 1871 u Hamburgu, a bio je određen za razbijanje leda i održavanje plovidbe zimi između Hamburga i Cuxhavena. U isto vrijeme je i u Rusiji bio izgrađen manji ledolomac za održavanje zimske plovidbe u Kronštatskoj luci.

Oko 1890 gradi se u Engleskoj nekoliko većih ledolomaca za Rusiju, a u prvoj dekadi XX st. Kanada nabavlja i gradi prve ledolomce za rad na rijeci Sv. Lovrijenca, gdje je uslijed nagomilavanja leda dolazilo do velikih proljetnih poplava i dugotrajnog zastoja vodnog saobraćaja. Već u to vrijeme na neke ledolomce se stavljaju i pramčani propeler, jer se je opazilo da rad tog propelera oslobađa pramac od slomljenog leda i ledene kaše koja se nagomilava na pramcu i ponekad potpuno zaustavi kretanje broda.

Nakon Prvog svjetskog rata gradi se sve više ledolomaca, a njihova se konstrukcija usavršava. God. 1926 sagrađen je u Finskoj prvi ledolomac s bočnim nagibnim tankovima, (Jäärkahn), 1932 u Švedskoj se gradi prvi ledolomac sa dizel-električkim pogonom (Ymer), 1947 dovršen je u Kanadi prvi ledolomac sa dva pramčana propelera (Abgeweit), a 1959 SSSR dovršava prvi ledolomac na nuklearni pogon (Lenin).

Povećani interes za Arktik i Antarktik je u najnovije vrijeme doveo do gradnje velikih i snažnih ledolomaca, naročito u SSSR i Sjevernoj Americi. Može se očekivati da će se u budućnosti, s obzirom na ekonomsku, naučnu i stratešku važnost polarnih krajeva, nastaviti gradnja sve većih i sve snažnijih ledolomaca, to više što se povećavaju i dimenzije teretnih brodova koje ledolomci sprovedu kroz zaleđene oblasti.

Osnovni zahtjev koji se postavlja ledolomcu je visoka operativnost i potpuna pouzdanost u radu, dok su ekonomičnost konstrukcije i pogona broda od drugostepene važnosti. Ledolomac redovito mora da vrši više funkcija, od kojih je najvažnija razbijanje leda na površini vode i otvaranje vodenih putova. Postoje tri načina kojima ledolomac probija plovni put kroz ledeno polje, ovisna o obliku leda: kroz plutajuće komade leda i kroz sniježnu, ledenu kašu brod krči put ploveći konstantnom brzinom; homogeni čvrsti led male debljine razbija, također ploveći konstantnom brzinom; homogeni čvrsti led velike debljine brod ne lomi vozeći konstantnom brzinom, već ga razbija zaletima na debelu ledenu koru.

Osim za razbijanje leda, ledolomac treba da bude sposoban i za ove dopunske službe: za postavljanje i zamjenu plutača i ostalih plovnih navigacijskih oznaka; za transport zaliha i osoblja; za pružanje medicinske pomoći i sudjelovanje u naučno-istraživačkim ekspedicijama; za oslobađanje brodova zarobljenih le-

dom; za spasavanje i tegljenje brodova. Ovi su zadaci dijelom proturječni, pa zato svaki projekt ledolomca predstavlja izvjesno kompromisno rješenje.

Da bi zadovoljio pod svim uvjetima rada, svaki ledolomac mora imati određene osnovne karakteristike, po kojim se i razlikuje od ostalih trgovačkih brodova. Konstrukcija trupa mora biti naročito čvrsta, da bi brod mogao bez opasnosti od oštećenja da razbija led i da plovi kroz razbijene ledene sante. Oblik trupa broda, a naročito oblik pramca i krme, mora biti prilagođen plovidbi kroz led i razbijanju leda. Pogonski stroj mora biti vrlo snažan, da bi ledolomac mogao savladavati ledene zapreke, osloboditi se iz leda i tegliti ostale brodove, a pored toga mora biti vrlo elastičan u radu i dorastao teškim uvjetima rada, velikim promjenama opterećenja, čestim preokretima smjera vrtnje propelera, udarima i potresima. Propeleri ledolomaca nisu projektirani za optimalni stepen djelovanja, već je težište bačeno na njihovu čvrstoću i što veću otpornost prema oštećenju. Neki ledolomci imaju i pramčane propelere.

Ledolomac mora imati izvrsna manevarska svojstva jer često prolazi kroz uske kanale i treba izvoditi složene manevre pri pružanju pomoći brodovima opkoljenim ledom i pri razbijanju naročito čvrstih ledenih blokova.

Ledolomac ima specijalnu opremu kao što su: veliki pramčani i krmeni trim-tankovi, bočni balastni tankovi, platforme i hangari za helikoptere, veliki čamci za prebacivanje materijala na obalu, priručne radionice za obavljanje opravki, specijalna vitla za tegljenje brodova itd.

Brzina ledolomca u mirnoj, nezaleđenoj vodi nije od primarnog značenja. Ipak, velika snaga pogonskog stroja omogućava velike brzine slobodne vožnje, koje inače nisu ekonomične. Ekonomična brzina krstarenja manjih ledolomaca je ~ 11 čv, a većih ~ 13 čv. Mogućnost da ledolomac razvije brzinu i znatno veću od ekonomične vrlo dobro dolazi kad brod zaletom razbija led, jer snaga udara o led, a time i sposobnost razbijanja leda, ovisi o brzini broda.

Za ledolomce ne postoje propisi klasifikacionih društava o dimenzioniranju elemenata broskog trupa, niti se na njih primjenjuje Konvencija o nadvodu.

Projektiranje ledolomca

Projekt ledolomca ovisi o području na kojem će brod da djeluje, jer postoje velike razlike u konfiguraciji vodenih putova, stanju leda i namjeni za koju je brod prvenstveno građen.

Mali lučki ledolomci su u stvari jednaki lučkim tegljačima, samo što imaju skošen pramac, oplatu na pramcu dvostruko deblju nego obični tegljači, a razmak pramčanih rebara smanjen na 25·30 cm. Oceanski i polarni ledolomci imaju poseban oblik trupa broda i specijalnu opremu, a moraju imati osiguran smještaj ne samo za redovnu posadu nego također za pilote i mehaničare helikoptera, medicinsko osoblje, naučne radnike itd.

Veličina ledolomaca je ograničena zahtjevima manevarabilnosti i potrebom da se održi određeni odnos između snage pogonskog stroja i istisnine broda. U slučaju klasičnog načina pogona maksimalna dužina ledolomca je ~ 100 m. Svako daljnje povećanje dužine ledolomca zahtijeva, zbog povećanja težine trupa, vrlo velike snage pogonskog stroja i suviše velik prostor za smještaj stroja i goriva. Primjena nuklearnog pogona otklonila je nužnost ograničavanja dimenzija ledolomca, jer otpadaju bunkeri goriva, a povećanje pogonske snage prostor potreban za strojaricu bitno se ne povećava.

Glavne dimenzije i oblik trupa ledolomca. Ne postoji nikakvo pravilo za određivanje dužine ledolomca, već se dužina kompromisno određuje prema tipu ledolomca i ostalim parametrima brodske forme. Od ledolomaca se zahtijeva u prvom redu izvrsna manevarabilnost, što se postiže malom dužinom a velikom širinom broda. S druge strane, povećanje dužine broda povećava teorijsku sposobnost lomljenja leda i osigurava dobru stabilnost kursa, što je važno za ledolomce koji sprovedu konvoje.

Dosadašnja iskustva pokazuju da je omjer između dužine i širine uspješnih ledolomaca približno ovaj: ledolomci od ~ 2000 t istisnine: $L/B \approx 3,75$; ledolomci od 10 000 t istisnine: $L/B \approx 4,5$; ledolomci preko 10 000 t istisnine: $L/B \approx 5$.

Širina broda je za ledolomce važniji parametar od dužine, pa se obično prema odabranoj širini određuje dužina broda. Širina